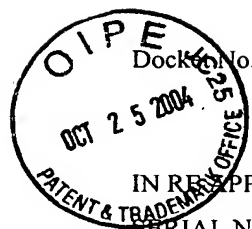


IPW



Docket No. 244583US2

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Atsuhisa ASADA

GAU: 3611

SERIAL NO: 10/691,543

EXAMINER:

FILED: October 24, 2003

FOR: ELECTRIC POWER STEERING DEVICE AND METHOD AND APPARATUS FOR
MANUFACTURING THE SAME

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2002-309252	October 24, 2002

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Marvin J. Spival

Registration No. 24,913
Joseph Scafetta, Jr.
Registration No. 26,803

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

BEST AVAILABLE COPY

10/691,543

244-583US-237125-54-2

IP02-711-US

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 0 月 2 4 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 0 9 2 5 2
Application Number:

[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 0 9 2 5 2]

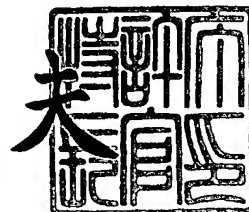
出 願 人 豊 田 工 機 株 式 会 社
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 3 年 9 月 1 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 6 3 6 6

【書類名】 特許願

【整理番号】 112246

【提出日】 平成14年10月24日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01L 3/10

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町 1 丁目 1 番地 豊田工機株式会社内

 【氏名】 浅田 敦久

【特許出願人】

 【識別番号】 000003470

 【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町 1 丁目 1 番地

 【氏名又は名称】 豊田工機株式会社

 【代表者】 湯野川 孝夫

【代理人】

 【識別番号】 100095795

 【住所又は居所】 名古屋市中区栄 1 丁目 2 2 番 6 号

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 田下 明人

【選任した代理人】

 【識別番号】 100098567

 【住所又は居所】 名古屋市中区栄 1 丁目 2 2 番 6 号

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 加藤 壯祐

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 054874

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9205099
【包括委任状番号】 9114445
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電気式動力舵取装置、その製造方法および製造装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ステアリングホイールと、このステアリングホイールに連結されたステアリング軸の回転角である第 1 操舵角を検出する第 1 レゾルバと、この第 1 レゾルバと異なる対極数を有し前記ステアリング軸の回転角である第 2 操舵角を検出する第 2 レゾルバと、前記ステアリング軸に連結された操舵機構による操舵を減速機を介してアシストするモータと、このモータの回転角であるモータ電気角を検出する第 3 レゾルバとを備え、前記第 1 操舵角、前記第 2 操舵角および前記モータ電気角から、求められた前記ステアリングホイールの絶対回転位置に基づいて、前記モータを制御する電気式動力舵取装置であって、

前記減速機の減速ギヤ比と前記第 3 レゾルバの対極数との積による演算値が、小数点以下の数値を有する非整数となるように、該減速ギヤ比または該対極数の少なくとも一方が設定されていることを特徴とする電気式動力舵取装置。

【請求項 2】 前記演算値の小数点以下の数値は、所定範囲内にあることを特徴とする請求項 1 記載の電気式動力舵取装置。

【請求項 3】 前記所定範囲は、前記ステアリングホイールの少なくとも左右 1 回転範囲単位ごとに異なる前記モータ電気角の角度偏差が該角度偏差の最大値の 67%以上 100%以下における前記演算値の小数点以下の数値範囲であることを特徴とする請求項 2 記載の電気式動力舵取装置。

【請求項 4】 ステアリングホイールと、このステアリングホイールに連結されたステアリング軸の回転角である第 1 操舵角を検出する第 1 レゾルバと、この第 1 レゾルバと異なる対極数を有し前記ステアリング軸の回転角である第 2 操舵角を検出する第 2 レゾルバと、前記ステアリング軸に連結された操舵機構による操舵を減速機を介してアシストするモータと、このモータの回転角であるモータ電気角を検出する第 3 レゾルバとを備え、前記第 1 操舵角、前記第 2 操舵角および前記モータ電気角から、求められた前記ステアリングホイールの絶対回転位置に基づいて前記モータを制御可能に構成される電気式動力舵取装置の製造方法

であって、

前記減速機の減速ギヤ比と前記第3レゾルバの対極数との積による演算値が、当該演算値の小数点以下の数値として、「0.17以上0.28以下」、「0.39以上0.42以下」、「0.58以上0.61以下」および「0.72以上0.83以下」を有する非整数となるように、該減速ギヤ比または該対極数の少なくとも一方を設定する工程を含むことを特徴とする電気式動力舵取装置の製造方法。

【請求項5】 ステアリングホイールと、このステアリングホイールに連結されたステアリング軸の回転角である第1操舵角を検出する第1レゾルバと、この第1レゾルバと異なる対極数を有し前記ステアリング軸の回転角である第2操舵角を検出する第2レゾルバと、前記ステアリング軸に連結された操舵機構による操舵を減速機を介してアシストするモータと、このモータの回転角であるモータ電気角を検出する第3レゾルバとを備え、前記第1操舵角、前記第2操舵角および前記モータ電気角から、求められた前記ステアリングホイールの絶対回転位置に基づいて前記モータを制御可能に構成される電気式動力舵取装置の製造装置であって、

前記減速機の減速ギヤ比と前記第3レゾルバの対極数との積による演算値が、当該演算値の小数点以下の数値として、「0.17以上0.28以下」、「0.39以上0.42以下」、「0.58以上0.61以下」および「0.72以上0.83以下」を有する非整数となるように、該減速ギヤ比または該対極数の少なくとも一方を設定する手段を備えることを特徴とする電気式動力舵取装置の製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電気式動力舵取装置、その製造方法および製造装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、ステアリング軸に連結された操舵機構にモータによるアシスト力を

与えることにより、ステアリングホイールによる操舵力を軽減させる電気式動力舵取装置が知られている。このような電気式動力舵取装置においては、ステアリングホイールが左右1回転以上の有限回転数内で回転するため、「車両が直進するステアリングホイールの位置」を中立位置とし、この中立位置から左右何度の回転位置にステアリングホイールが位置しているかを絶対位置としてセンサにより検出することによって、操舵角を把握している。

【0003】

そして、このようなステアリングホイールによる操舵角は、例えば、ステアリング軸とともに回転するスリット板とフォトインタラプタとから構成される回転角センサにより検出されており、例えば、以下の特許文献1に開示されている「操舵角センサ、及びパワーステアリング装置」のような構成を採ることによって1つの回転角センサよりステアリングホイールの中立位置を正確に検出できる。

【0004】

ところで、車両のステアリングホイールは、一般に、1回転（360度）以内の操舵で操舵輪の角度を全範囲において制御できるものではなく、例えば、ステアリングホイールの中立位置を中心に左方向に2回転（720度）、右方向に2回転（720度）というように、ステアリングホイールを±720度回転させることにより、舵角を所定角度範囲内で自在に変えられるように構成されている。そのため、特許文献1に開示されている「操舵角センサ、及びパワーステアリング装置」のような構成を採っても、1つの回転角センサでは、ステアリングホイールの絶対回転位置までは検出することはできないため、複数の回転角センサを組み合わせることで絶対回転位置を検出する必要がある。しかしその一方で、回転角センサを多用する構成は、製品コストや故障率の上昇に直結するため、部品点数の増加を招く構成は採用し難いという実情がある。

【0005】

そこで、本願出願人は、一般的な電気式動力舵取装置においては、アシスト力を発生させるモータにはモータ回転位置を検出する手段としてレゾルバが用いられ、またステアリングホイールによる操舵トルクを検出する手段としても別のレゾルバが用いられていることに着目し、これらの複数のレゾルバから出力され、

回転角に対し直線性を有する信号を演算処理することによって、部品点数の増加を招くことなく、ステアリングホイールの絶対位置を検出できる絶対位置検出装置等を、特願 2 0 0 1 - 2 6 8 3 8 8 号および特願 2 0 0 2 - 1 9 6 1 3 1 号の出願明細書において提案している。なお、特願 2 0 0 2 - 1 9 6 1 3 1 号の出願明細書に係る「電動パワーステアリング装置の絶対位置検出装置及び絶対位置検出方法」の発明は、先の特願 2 0 0 1 - 2 6 8 3 8 8 号の出願明細書に開示されている技術的内容をさらに改善したものである。

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 2 - 1 4 5 0 9 5 号公報（第 2 頁～第 8 頁、図 1～図 4）

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、本願出願人による特願 2 0 0 2 - 1 9 6 1 3 1 号の出願明細書に開示される「電動パワーステアリング装置の絶対位置検出装置及び絶対位置検出方法」によっても、レゾルバの対極数と操舵機構の構成との関係が所定条件を満たす場合には、ステアリングホイールの絶対位置に余裕度を持たせることが難しいことが本願発明者によるその後の調査・研究によって判明した。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、誤差要因があっても、ステアリングホイールの絶対回転位置を正確に検出し、当該絶対回転位置に基づいて操舵をアシストするモータを制御し得る電気式動力舵取装置を提供することにある。

また、本発明の目的は、誤差要因があっても、ステアリングホイールの絶対回転位置を正確に検出し、当該絶対回転位置に基づいて操舵をアシストするモータを制御可能な電気式動力舵取装置を製造し得る電気式動力舵取装置の製造方法および電気式動力舵取装置の製造装置を提供することにある。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段および発明の作用・効果】

上記目的を達成するため、請求項 1 の電気式動力舵取装置では、ステアリング

ホイールと、このステアリングホイールに連結されたステアリング軸の回転角である第1操舵角を検出する第1レゾルバと、この第1レゾルバと異なる対極数を有し前記ステアリング軸の回転角である第2操舵角を検出する第2レゾルバと、前記ステアリング軸に連結された操舵機構による操舵を減速機を介してアシストするモータと、このモータの回転角であるモータ電気角を検出する第3レゾルバとを備え、前記第1操舵角、前記第2操舵角および前記モータ電気角から、求められた前記ステアリングホイールの絶対回転位置に基づいて、前記モータを制御する電気式動力舵取装置であって、前記減速機の減速ギヤ比と前記第3レゾルバの対極数との積による演算値が、小数点以下の数値を有する非整数となるように、該減速ギヤ比または該対極数の少なくとも一方が設定されていることを技術的特徴とする。ここで「対極数」とは、N極とS極との組み合わせを一对とした磁極の数のことをいう。

【0010】

請求項1の発明では、減速機の減速ギヤ比と第3レゾルバの対極数との積による演算値が、小数点以下の数値を有する非整数となるように、該減速ギヤ比または該対極数の少なくとも一方が設定されていることから、当該演算値は、その小数点以下の数値が0（ゼロ）、つまり整数になることがない。これにより、第1レゾルバの第1操舵角と第2レゾルバの第2操舵角とにより求められるステアリングホイールの1回転内の操舵角（0度～360度）が、ステアリングホイールの左右複数回転のうち、いずれの1回転範囲単位においても同じ値をとることがないようにできるので、ステアリングホイールの絶対回転位置を正確に検出することができる。したがって、このように検出されたステアリングホイールの絶対回転位置に基づいて操舵をアシストするモータを制御することができる。

【0011】

また、請求項2の電気式動力舵取装置では、請求項1において、前記演算値の小数点以下の数値は、所定範囲内にあることを技術的特徴とする。

【0012】

請求項2の発明では、演算値の小数点以下の数値は所定範囲内にある。即ち、減速機の減速ギヤ比と第3レゾルバの対極数との積による演算値の小数点以下の

数値は、所定範囲内にあることから、第1レゾルバの第1操舵角と第2レゾルバの第2操舵角とにより求められるステアリングホイールの1回転内の操舵角（0度～360度）が、ステアリングホイールの左右複数回転のうち、いずれの1回転範囲単位においても同じ値をとることがないことに加え、隣接した1回転範囲単位同士においても、互いに非干渉域を確保することができる。即ち、操舵機構を構成する機械部品の寸法精度上あるいは摩耗による誤差やレゾルバ信号を処理する電気部品の温度特性上の誤差によってステアリングホイールの操舵角に検出誤差が生じて、そのような誤差により隣接した1回転範囲単位同士で同じ値をとることがないような余裕度を持たせることができる。これにより、このような誤差が生じ得る場合であっても、ステアリングホイールの絶対回転位置を正確に検出することができるので、このように検出されたステアリングホイールの絶対回転位置に基づいて操舵をアシストするモータを制御することができる。

【0013】

さらに、請求項3の電気式動力舵取装置では、請求項2において、前記所定範囲は、前記ステアリングホイールの少なくとも左右1回転範囲単位ごとに異なる前記モータ電気角の角度偏差が該角度偏差の最大値の67%以上100%以下における前記演算値の小数点以下の数値範囲であることを技術的特徴とする。

【0014】

請求項3の発明では、演算値の小数点以下の数値は所定範囲内にあり、その所定範囲は、ステアリングホイールの少なくとも左右1回転範囲単位ごとに異なるモータ電気角の角度偏差が該角度偏差の最大値の67%以上100%以下における演算値の小数点以下の数値範囲である。

【0015】

例えば、ステアリングホイールの中立位置を中心に、ステアリングホイールの右1回転範囲（ $0^\circ < \theta \leq 360^\circ$ ）を $A=0$ 、さらにその右側の右1回転範囲（ $360^\circ < \theta \leq 720^\circ$ ）を $A=1$ 、また中立位置を中心に左1回転範囲（ $0^\circ > \theta \geq -360^\circ$ ）を $A=-1$ 、さらにその左側の左1回転範囲（ $-360^\circ > \theta \geq -720^\circ$ ）を $A=-2$ とした場合、1回転範囲 $A=-2$ のモータ電気角に対する他の1回転範囲 $A=-1$ 、 0 、 1 のモータ電気角は、当該演算値の小数

点以下の数値に対して、図 10 (A) に示すような角度偏差を有し、さらにこの角度偏差を 180 度を中心に折り返して表すことにより、図 10 (B) に示すような折線 K (同図中で太い一点鎖線) を得られることが、本願発明者による調査・研究により判明した。この折線 K は、1 回転範囲 $A = -1$ 、 0 、 1 による各角度偏差のうち、最も角度偏差の少ないものを選択することにより得ている。

【0016】

ここで、「ステアリングホイールの少なくとも左右 1 回転範囲単位ごとに異なるモータ電気角の角度偏差」とは、例えば図 10 (B) に示すように、演算値の小数点以下の数値に対する 1 回転範囲 $A = -2$ のモータ電気角との偏差による折線 K によるものを意図している。また「該角度偏差の最大値の 67% 以上 100% 以下」とは、例えば当該折線 K においては、図 9 に示すように折線 K の最大値 (90 度) の 67% 以上 100% 以下 (60 度以上 90 度以下) の範囲である同図中の斜線範囲を意図している。

【0017】

これにより、操舵機構を構成する機械部品の寸法精度上あるいは摩耗による誤差やレゾルバ信号を処理する電気部品の温度特性誤差によってステアリングホイールの操舵角に検出誤差が生じてても、そのような誤差により隣接した 1 回転範囲単位同士 (例えば図 10 の例では、1 回転範囲 $A = -2$ と 1 回転範囲 $A = -1$ との間、1 回転範囲 $A = -1$ と 1 回転範囲 $A = 0$ との間および 1 回転範囲 $A = 0$ と 1 回転範囲 $A = 1$ との間) で同じ値をとることがないようにすることができる。したがって、このような誤差が生じ得る場合であっても、ステアリングホイールの絶対回転位置を正確に検出することができるので、このように検出されたステアリングホイールの絶対回転位置に基づいて操舵をアシストするモータを制御することができる。

【0018】

また、上記目的を達成するため、請求項 4 の電気式動力舵取装置の製造方法では、ステアリングホイールと、このステアリングホイールに連結されたステアリング軸の回転角である第 1 操舵角を検出する第 1 レゾルバと、この第 1 レゾルバと異なる対極数を有し前記ステアリング軸の回転角である第 2 操舵角を検出する

第2レゾルバと、前記ステアリング軸に連結された操舵機構による操舵を減速機を介してアシストするモータと、このモータの回転角であるモータ電気角を検出する第3レゾルバとを備え、前記第1操舵角、前記第2操舵角および前記モータ電気角から、求められた前記ステアリングホイールの絶対回転位置に基づいて前記モータを制御可能に構成される電気式動力舵取装置の製造方法であって、前記減速機の減速ギヤ比と前記第3レゾルバの対極数との積による演算値が、当該演算値の小数点以下の数値として、「0.17以上0.28以下」、「0.39以上0.42以下」、「0.58以上0.61以下」および「0.72以上0.83以下」を有する非整数となるように、該減速ギヤ比または該対極数の少なくとも一方を設定する工程を含むことを技術的特徴とする。

【0019】

さらに、上記目的を達成するため、請求項5の電気式動力舵取装置の製造装置では、ステアリングホイールと、このステアリングホイールに連結されたステアリング軸の回転角である第1操舵角を検出する第1レゾルバと、この第1レゾルバと異なる対極数を有し前記ステアリング軸の回転角である第2操舵角を検出する第2レゾルバと、前記ステアリング軸に連結された操舵機構による操舵を減速機を介してアシストするモータと、このモータの回転角であるモータ電気角を検出する第3レゾルバとを備え、前記第1操舵角、前記第2操舵角および前記モータ電気角から、求められた前記ステアリングホイールの絶対回転位置に基づいて前記モータを制御可能に構成される電気式動力舵取装置の製造装置であって、前記減速機の減速ギヤ比と前記第3レゾルバの対極数との積による演算値が、当該演算値の小数点以下の数値として、「0.17以上0.28以下」、「0.39以上0.42以下」、「0.58以上0.61以下」および「0.72以上0.83以下」を有する非整数となるように、該減速ギヤ比または該対極数の少なくとも一方を設定する手段を備えることを技術的特徴とする。

【0020】

請求項4および請求項5の発明では、減速機の減速ギヤ比と前記第3レゾルバの対極数との積による演算値が、当該演算値の小数点以下の数値として、「0.17以上0.28以下」、「0.39以上0.42以下」、「0.58以上0.

61以下」および「0.72以上0.83以下」を有する非整数となるように、該減速ギヤ比または該対極数の少なくとも一方を設定する。

【0021】

即ち、当該演算値の小数点以下の数値は、ステアリングホイールの少なくとも左右1回転範囲単位ごとに異なるモータ電気角の角度偏差が該角度偏差の最大値の67%以上100%以下における演算値の小数点以下の数値範囲内にあることから、この数値範囲を具体的に表すと、「0.17以上0.28以下」、「0.39以上0.42以下」、「0.58以上0.61以下」および「0.72以上0.83以下」になる。このような数値範囲を規定した理由は、ステアリングホイールの中立位置を中心に、ステアリングホイールの右1回転範囲（ $0^\circ < \theta \leq 360^\circ$ ）を $A=0$ 、さらにその右側の右1回転範囲（ $360^\circ < \theta \leq 720^\circ$ ）を $A=1$ 、また中立位置を中心に左1回転範囲（ $0^\circ > \theta \geq -360^\circ$ ）を $A=-1$ 、さらにその左側の左1回転範囲（ $-360^\circ > \theta \geq -720^\circ$ ）を $A=-2$ とした場合においては、1回転範囲 $A=-1$ 、 0 、 1 による各角度偏差のうち、最も角度偏差の少ないものを選択することにより図9に示すような折線Kを得ることができるので（図10(B)参照）、この折線Kに基づくことによって、角度偏差の最大値（ 90° ）の67%以上100%以下（ 60° 以上 90° 以下）にあたる演算値の小数点以下の数値が得られることによる。

【0022】

これにより、操舵機構を構成する機械部品の寸法精度誤差やレゾルバ信号を処理する電気部品の温度特性誤差によってステアリングホイールの操舵角に検出誤差が生じても、そのような誤差により隣接した1回転範囲単位同士（例えば図10の例では、1回転範囲 $A=-2$ と1回転範囲 $A=-1$ との間、1回転範囲 $A=-1$ と1回転範囲 $A=0$ との間および1回転範囲 $A=0$ と1回転範囲 $A=1$ との間）で同じ値をとることがないようにすることができる。したがって、このような誤差が生じ得る場合であっても、ステアリングホイールの絶対回転位置を正確に検出することができるので、このように検出されたステアリングホイールの絶対回転位置に基づいて操舵をアシストするモータを制御可能な電気式動力舵取装置を製造することができる。

【 0 0 2 3 】**【発明の実施の形態】**

以下、本発明の電気式動力舵取装置、その製造方法および製造装置の実施形態について図を参照して説明する。

まず、本実施形態に係る電気式動力舵取装置 2 0 の主な構成を図 1 ～図 6 に基づいて説明する。図 1 および図 5 に示すように、電気式動力舵取装置 2 0 は、主に、ステアリングホイール 2 1、ステアリング軸 2 2、ピニオン軸 2 3、ラック軸 2 4、トルクセンサ 3 0、モータ 4 0、モータレゾルバ 4 4、ボールねじ機構 5 0、E C U 6 0 等から構成されており、ステアリングホイール 2 1 による操舵状態を検出し、その操舵状態に応じたアシスト力をモータ 4 0 により発生させて運転者による操舵をアシストするものである。なお、ラック軸 2 4 の両側には、それぞれタイロッド等を介して図略の車輪が連結されている。

【 0 0 2 4 】

即ち、図 1 および図 2 に示すように、ステアリングホイール 2 1 には、ステアリング軸 2 2 の一端側が連結され、このステアリング軸 2 2 の他端側には、ピニオンハウジング 2 5 内に収容されたトルクセンサ 3 0 の入力軸 2 3 a およびトーションバー 3 1 がピン 3 2 により連結されている。またこのトーションバー 3 1 の他端側 3 1 a には、ピニオン軸 2 3 の出力軸 2 3 b がスプライン結合によって連結されている。

【 0 0 2 5 】

このピニオン軸 2 3 の入力軸 2 3 a はベアリング 3 3 a により、また出力軸 2 3 b もベアリング 3 3 b により、それぞれピニオンハウジング 2 5 内を回転自在に軸受されており、さらに入力軸 2 3 a とピニオンハウジング 2 5 との間には、第 1 レゾルバ 3 5 が、また出力軸 2 3 b とピニオンハウジング 2 5 との間には、第 2 レゾルバ 3 7 が、それぞれ設けられている。第 1 レゾルバ 3 5 および第 2 レゾルバ 3 7 は、ステアリングホイール 2 1 による操舵角を検出し得るもので、端子 3 9 を介して E C U 6 0 にそれぞれ電氣的に接続されている（図 5 参照）。なお、これら第 1、第 2 レゾルバ 3 5、3 7 の構成は後で詳述する。

【 0 0 2 6 】

ピニオン軸 23 の出力軸 23 b の端部には、ピニオンギヤ 23 c が形成されており、このピニオンギヤ 23 c にはラック軸 24 のラック溝 24 a が啮合可能に連結されている。これにより、ラックアンドピニオン機構を構成している。

【0027】

このように構成することにより、ステアリング軸 22 とピニオン軸 23 とをトーションバー 31 により相対回転可能に連結することができるとともに、ステアリング軸 22 の回転角、即ちステアリングホイール 21 の回転角（機械角） θTm を、第 1 レゾルバ 35 による第 1 操舵角（電気角） $\theta T1$ および第 2 レゾルバ 37 による第 2 操舵角（電気角） $\theta T2$ によって、検出することができる。また、第 1 操舵角 $\theta T1$ と第 2 操舵角 $\theta T2$ との角度差や、角度比等からトーションバー 31 の捻れ量（操舵トルクに対応するもの）を捻れ角として検出することができる。

【0028】

図 1 および図 3 に示すように、ラック軸 24 は、ラックハウジング 26 およびモータハウジング 27 内に収容されており、その中間部には、螺旋状にボールねじ溝 24 b が形成されている。このボールねじ溝 24 b の周囲には、ラック軸 24 と同軸に回転可能にベアリング 29 により軸受される円筒形状のモータ軸 43 が設けられている。このモータ軸 43 は、ステータ 41 や励磁コイル 42 等とともにモータ 40 を構成するもので、ステータ 41 に巻回された励磁コイル 42 により発生する界磁が、回転子に相当するモータ軸 43 の外周に設けられた永久磁石 45 に作用することより、モータ軸 43 が回転し得るように構成されている。

【0029】

モータ軸 43 は、その内周にボールねじナット 52 が取り付けられており、このボールねじナット 52 にも、螺旋状にボールねじ溝 52 a が形成されている。そのため、このボールねじナット 52 のボールねじ溝 52 a とラック軸 24 のボールねじ溝 24 b との間に多数のボール 54 を転動可能に介在させることによって、モータ軸 43 の回転によりラック軸 24 を軸方向に移動可能なボールねじ機構 50 を構成することができる。

【0030】

即ち、両ボールねじ溝 24 b、52 a 等から構成されるボールねじ機構 50 に

より、モータ軸 43 の正逆回転の回転トルクをラック軸 24 の軸線方向における往復動に変換することができる。これにより、この往復動は、ラック軸 24 とともにラックアンドピニオン機構を構成するピニオン軸 23 を介してステアリングホイール 21 の操舵力を軽減するアシストカとなる。

【0031】

なお、モータ 40 のモータ軸 43 とモータハウジング 27 との間には、モータ軸 43 の回転角（電気角） θ_{Me} を検出し得るモータレゾルバ 44 が設けられており、このモータレゾルバ 44 は図略の端子を介して ECU 60 に電氣的に接続されている（図 5 参照）。

【0032】

ここで、第 1 レゾルバ 35、第 2 レゾルバ 37 およびモータレゾルバ 44 の構成を図 4 (A) に基づいて説明する。なお、これらのレゾルバは、構成がほぼ同様であるので、共通部分については第 1 レゾルバ 35 を代表して説明する。

【0033】

図 4 (A) に示すように、第 1 レゾルバ 35 は、第 1 ヨーク YK1、第 2 ヨーク YK2、第 3 ヨーク YK3 および第 4 ヨーク YK4 と、第 1 コイル CL1、第 2 コイル CL2、第 3 コイル CL3 および第 4 コイル CL4 とから構成される、対極数 5（いわゆる 5X）のレゾルバである。なお、この「対極数」については後述する。

【0034】

第 1 ヨーク YK1 は、ピニオンハウジング 25 の内周に沿って円環状に形成されており、当該ピニオンハウジング 25 に固定されている。また、第 1 ヨーク YK1 の内周には、第 1 コイル CL1 が巻回されている。一方、第 2 ヨーク YK2 は、第 1 ヨーク YK1 と同様、円環状に形成されており、第 1 ヨーク YK1 と対向するようにピニオン軸 23 の入力軸 23a の外周に固定されて、第 2 コイル CL2 が巻回されている。これにより、第 2 ヨーク YK2 は入力軸 23a と一体に回転できる。

【0035】

第 3 ヨーク YK3 は、第 2 ヨーク YK2 と入力軸 23a の軸方向にずれて、入力軸 23a の外周上に固定されており、入力軸 23a と一体に回転可能に構成されている。この第 3 ヨーク YK3 には、第 3 コイル CL3 が巻回されており、この第 3 コ

イルCL3 は、第2ヨークYK2 の第2コイルCL2 に電氣的に並列接続されている。一方、第4ヨークYK4 は、第1ヨークYK1 と同様、ピニオンハウジング25の内周に沿って円環状に形成されており、当該ピニオンハウジング25に固定されている。なお、第3コイルCL3 および第4コイルCL4 は、位相を90度ずらした2種類のコイルから構成されている。

【0036】

なお、第2レゾルバ37は、第2ヨークYK2 および第3ヨークYK3 と第2コイルCL2 および第3コイルCL3 とが出力軸23bに設けられている点と、対極数が6（いわゆる6X）である点と、が第1レゾルバ35と異なる以外は、第1レゾルバ35と同様に構成されている。

【0037】

また、モータレゾルバ44は、第1ヨークYK1 および第4ヨークYK4 と第1コイルCL1 および第4コイルCL4 とがモータハウジング27に設けられている点と、第2ヨークYK2 および第3ヨークYK3 と第2コイルCL2 および第3コイルCL3 とがモータ軸43に設けられている点と、対極数が7（いわゆる7X）である点と、が第1レゾルバ35と異なる以外は、第1レゾルバ35と同様に構成されている。

【0038】

次に、第1レゾルバ35、第2レゾルバ37およびモータレゾルバ44の電氣的特性を図4(B)に基づいて説明する。なお、これらのレゾルバは、電氣的特性がほぼ同様であるので、ここでは第1レゾルバ35を代表して説明する。

【0039】

第1レゾルバ35は、前述したように、第1コイルCL1～第4コイルCL4により構成され、これらの各コイルは図4(B)に示すような回路図による接続関係を持つ、いわゆる1相励磁2相出力（電圧検出）型のレゾルバである。そのため、ECU60を構成するCPU61の出力ポートP0から出力される励磁信号E1を、ECU60のバッファアンプ63を介して、トランスである第1コイルCL1および第2コイルCL2に与え、さらに1相の励磁コイルである第3コイルCL3に与えることにより、2相の出力コイルである第4コイルCL4から検出角度 θ （電

気角)に応じたレゾルバ出力信号 E2、E3を得ることができる。そして、このような第1レゾルバ35から出力されるレゾルバ出力信号は、sin相信号およびcos相信号により構成されるアナログ信号であるため、ECU60のバッファアンプ64、65を介してCPU61に内蔵されるA/D変換器に入力されることにより、CPU61により処理可能なデジタル信号に変換される。

【0040】

なお、本実施形態では、このようにして第1レゾルバ35から得られるレゾルバ出力信号は、図6に示すように、バッファアンプ64を介した電気角 $\theta T1$ として、また第2レゾルバ37から得られるレゾルバ出力信号は、バッファアンプ65を介した電気角 $\theta T2$ として、それぞれCPU61に入力される。

【0041】

ここで、第1レゾルバ35から得られる電気角 $\theta T1$ は、ステアリングホイール21の1回転(360度)につき、5つのピーク点を有する。これは、前述したように、第1レゾルバ35が対極数5のレゾルバであり、電気的には5組のN極、S極を有することから、機械角360°に対して $360^\circ \times 5 = 1800^\circ$ に相当する電気角を出力し得るためである。つまり、当該第1レゾルバ35は、電気角360°のレゾルバより5倍の分解能を有するものである。

【0042】

また、第2レゾルバ37から得られる電気角 $\theta T2$ は、ステアリングホイール21の1回転(360度)につき6つのピーク点を有する。これは、前述したように、第2レゾルバ37が対極数6のレゾルバであり、電気的には6組のN極、S極を有することから、機械角360°に対して $360^\circ \times 6 = 2160^\circ$ に相当する電気角を出力し得るためである。つまり、当該第2レゾルバ37は、電気角360°のレゾルバより6倍の分解能を有するものである。

【0043】

このように、第1レゾルバ35はレゾルバ出力信号として電気角 $\theta T1$ を、また第2レゾルバ37はレゾルバ出力信号として電気角 $\theta T2$ をそれぞれ出力するが、図6からわかるように、両信号波形は同じステアリングホイール21の回転角において同じ値をとることはない。そのため、第1レゾルバ35の電気角 $\theta T1$ と第

2 レゾルバ 37 の電気角 θ_{T2} とに基づいて、CPU 61 による演算処理を行うことにより、ステアリングホイール 21 の 1 回転に対して、高分解能の機械角 θ_{Tm} を得ることができる。

【0044】

次に、第 1、第 2 レゾルバ 35、37 から出力されるレゾルバ信号に基づいたトルク検出について説明する。

ステアリングホイール 21 が運転者等により操舵され、ピニオン軸 23 の入力軸 23a が回転角 θ_1 で回転した場合、図 4 (B) に示すように、第 1 コイル CL1 に交流電圧 E1 が印加されると、その印加電圧に応じて第 1 ヨーク YK1 および第 2 ヨーク YK2 に磁束が発生する。

【0045】

そして、第 2 コイル CL2 には、このときの磁束変化に応じて交流電圧が誘起されるため、第 2 コイル CL2 に接続されている第 3 コイル CL3 にも交流電圧が発生する。この第 3 コイル CL3 に発生した交流電圧によって、第 4 コイル CL4 には交流電圧が誘起されて、交流電圧 E2、E3 が出力される。このとき、2 種類のコイルから構成された第 4 コイル CL4 からは、位相の異なる 2 種類の交流電圧 E2、E3 が出力され、これらは次の式(1) および式(2) の関係を満たす。

【0046】

$$E2 = K \cdot E1 \times \cos \theta \quad \dots (1)$$

$$E3 = K \cdot E1 \times \sin \theta \quad \dots (2)$$

【0047】

なお、上式(1) および式(2) において、K は変圧比を示す。

このとき、上式(1) および式(2) から θ を算出することができ、この角度 θ がピニオン軸 23 の入力軸 23a の回転角 θ_1 となる。一方、当該入力軸 23a が回転すると、トーションバー 31 を介して連結されたピニオン軸 23 の出力軸 23b も回転するため、当該出力軸 23b 側に設けられた第 2 レゾルバ 37 から前掲の式(1) および式(2) に基づいて、出力軸 23b の回転角 θ_2 も算出することができる。

【0048】

ここで、ピニオン軸 23 の入力軸 23 a と出力軸 23 b の回転に際して、トーションバー 31 の捻れにより、入力軸 23 a と出力軸 23 b との間で相対回転角度差 $\Delta\theta$ ($=\theta_1 - \theta_2$) が生じる。その結果、このトーションバー 31 の捻れ角度である相対回転角度差 $\Delta\theta$ とトーションバー 31 の剛性から操舵トルク T を算出することができる。これにより、この操舵トルク T に応じて操舵力をアシストするための公知のアシスト制御を ECU 60 の CPU 61 によって行なうことで、前述したモータ 40 により発生する操舵力によって運転者による操舵をアシストすることができる。

【0049】

また、モータレゾルバ 44 から出力されるレゾルバ信号に基づいたモータ軸 43 の回転角（以下「モータ回転角」という。）の検出についても次のように説明することができる。

モータ軸 43 がある回転角で回転した場合、モータレゾルバ 44 の第 1 コイル CL1 に交流電圧 E_1 を印加すると、その印加電圧に応じて第 1 ヨーク YK1 に磁束が発生し、その磁束が第 2 ヨーク YK2 に伝えられる。そして、この磁束が第 2 コイル YK2 を鎖交することにより交流電圧が誘起されるので、第 2 コイル CL2 に接続された第 3 コイル CL3 にも交流電圧が発生する。この第 3 コイル CL3 に発生した交流電圧により、第 4 コイル CL4 には交流電圧が誘起されて、交流電圧 E_2 、 E_3 が出力される。そして、印加された交流電圧 E_1 と出力された交流電圧 E_2 、 E_3 とから、前述した式(1) および式(2) に基づいてモータ回転角を算出することができる。このように検出されたモータ回転角は、電気式動力舵取装置 20 における様々な制御に用いられる。

【0050】

続いて、このように構成された電気式動力舵取装置 20 におけるステアリングホイール 21 の絶対位置検出処理を図 7～図 11 に基づいて説明する。

図 5 を参照して説明したように、ECU 60 を構成する CPU 61 には、バッファンプ 63、64、65 を介して、第 1 レゾルバ 35、第 2 レゾルバ 37 およびモータレゾルバ 44 が電氣的に接続されている。そして、第 1、第 2 レゾルバ 35、37 はステアリングホイール 21 による操舵角（電気角 θ_{T1} 、 θ_{T2} ）を

、またモータレゾルバ 4 4 はモータ 4 0 によるモータ回転角（電気角 θ_{Me} ）を、それぞれ検出することができるため、本実施形態では、これらの 3 つのレゾルバから出力されるレゾルバ出力信号による電気角 θ_{T1} 、 θ_{T2} 、 θ_{Me} に基づいて、ステアリングホイール 2 1 の絶対位置を検出する処理（以下「絶対位置検出処理」という。）を行う。なお、この絶対位置検出処理は、イグニッション・オンの直後に実行されるものであり、それ以降は後述するように、この絶対位置検出処理により求められたステアリングホイール 2 1 の回転範囲を示すパラメータ A（ $A = 1、0、-1、-2$ ）に基づいて、タイマ割込み等により定期的（例えば 5 ミリ秒ごと）にパラメータ A（以下、単に「A」という。）を更新している。

【0 0 5 1】

図 7 に示すように、絶対位置検出処理は、所定の初期化処理の後、まずステップ S 1 0 1 により各レゾルバの電気角 θ_{T1} 、 θ_{T2} 、 θ_{Me} を取得する処理が行われる。即ち、ステアリングホイール 2 1 の操舵角に対応する電気角 θ_{T1} 、 θ_{T2} は、第 1 レゾルバ 3 5、3 7 により検出されるので、当該第 1 レゾルバ 3 5、3 7 から出力されるレゾルバ信号をバッファアンプ 6 4、6 5 および A/D 変換器を介して取得し、またモータ 4 0 のモータ回転角に対応する電気角 θ_{Me} は、モータレゾルバ 4 4 により検出されるので、当該モータレゾルバ 4 4 から出力されるレゾルバ信号をバッファアンプ 6 4、6 5 および A/D 変換器を介して取得する。

【0 0 5 2】

続くステップ S 1 0 3 により、電気角 θ_{T1} 、 θ_{T2} からステアリングホイール 2 1 の機械角 θ_{Tm} を算出する処理が行われる。即ち、本実施形態では、第 1 レゾルバ 3 5 は対極数 5、第 2 レゾルバ 3 7 は対極数 6 に設定されているため、対極数の異なる 2 つのレゾルバの電気角に基づいて、ステアリングホイール 2 1 の機械角 θ_{Tm} を算出することができる。なお、この演算処理については、本願出願人による特願 2 0 0 2 - 1 9 6 1 3 1 号の出願明細書に詳細に説明されているので、そちらを参照されたい。

【0 0 5 3】

次のステップ S 1 0 5 では、各回転量（ $A = 1、0、-1、-2$ ）に対する演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ を算出する処理が行われる。例えば、ステアリングホイ

ール 2 1 の中立位置を中心に、ステアリングホイール 2 1 の右 1 回転範囲 ($0 \text{ 度} < \theta \leq 360 \text{ 度}$) を $A = 0$ 、さらにその右側の右 1 回転範囲 ($360 \text{ 度} < \theta \leq 720 \text{ 度}$) を $A = 1$ 、また中立位置を中心に左 1 回転範囲 ($0 \text{ 度} > \theta \geq -360 \text{ 度}$) を $A = -1$ 、さらにその左側の左 1 回転範囲 ($-360 \text{ 度} > \theta \geq -720 \text{ 度}$) を $A = -2$ とした場合における各 1 回転範囲に対し、次の式(3) による演算処理によって、 $A = 1, 0, -1, -2$ に対応する 4 つの演算モータ電気角 $\theta_{Me}(1)$ 、 $\theta_{Me}(0)$ 、 $\theta_{Me}(-1)$ 、 $\theta_{Me}(-2)$ を算出する。つまり、このステップ S 1 0 5 ではステアリングホイール 2 1 の総回転数分だけ (本実施形態ではステアリングホイールの 4 回転分)、演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ を求める処理が行われる。

【0 0 5 4】

$$\theta_{Me}(A) = (\theta_{Tm} + 360 \times A) \times r \quad \dots (3)$$

【0 0 5 5】

ここで、 r は、ボールねじ機構 5 0 の減速ギヤ比とモータレゾルバ 4 4 の対極数との積による演算値で、後述するように、少なくとも、小数点以下の数値を有する非整数となる値であることが必要条件とされる。なお、本実施形態では、ボールねじ機構 5 0 の減速ギヤ比は例えば 8. 2 に設定され、またモータレゾルバ 4 4 の対極数は例えば 7 に設定されているため、当該演算値は 5 7. 4 ($= 8. 2 \times 7$) となり、その小数点以下の数値として 0. 4 を有する。

【0 0 5 6】

さらにステップ S 1 0 7 では、4 個の演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ を所定範囲内に丸める処理が行われる。即ち、ステップ S 1 0 5 により演算された演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ を 0 度以上 360 度未満の範囲に収まるように、0 度未満のものには、絶対値をとる処理が行われ、また 360 度以上のものには、 $\theta_{Me}(A) - \text{INT}(\theta_{Me}(A)/360) \times 360$ を演算する処理が行われる。ここで、 $\text{INT}()$ は、括弧内の数値を整数化する関数である。

【0 0 5 7】

例えば、演算モータ電気角 $\theta_{Me}(-2)$ が -80 度である場合には $+80$ 度 ($= |-80 \text{ 度}|$) に、また演算モータ電気角 $\theta_{Me}(1)$ が 380 度である場合には 20 度 ($= 380 \text{ 度} - 1 \times 360 \text{ 度}$) に、さらに演算モータ電気角 $\theta_{Me}(2)$ が -40

0 度である場合には 4 0 度 (= | - 4 0 0 度 - (- 3 6 0 度) |) に、それぞれ変換され丸め処理が行われる。

【 0 0 5 8 】

続くステップ S 1 0 9 では、4 個の演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ のうち、実際のモータ電気角 θ_{Me} (以下、演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ と区別するため、「実モータ電気角 θ_{Me} 」という。) に最も近いものを選択する処理が行われる。即ち、後述するように、ステップ S 1 0 5、S 1 0 9 により求められたステアリングホイール 2 1 の総回転数分の 4 個の演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ のうち、どれか一つがステアリングホイール 2 1 の絶対位置を適正に示す演算モータ電気角 $\theta_{Me}(\text{near})$ であるから、本ステップ S 1 0 9 において、これを選択する処理が行われる。

【 0 0 5 9 】

このステップ S 1 0 9 による処理は、本願出願人による特願 2 0 0 2 - 1 9 6 1 3 1 号の出願明細書において説明されているように、ステップ S 1 0 5、S 1 0 9 により演算された全ての演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ のうち、整数値に一番近いものを選択する処理としても良いが、本実施形態では、モータレゾルバ 4 4 により検出された実モータ電気角 θ_{Me} に最も近いものを選択する処理が行われる。これにより、ステップ S 1 0 1 により取得した実モータ電気角 θ_{Me} と全ての演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ との差を演算し、その差が最も小さいものを演算モータ電気角 $\theta_{Me}(\text{near})$ として選択すれば良いので、整数値に一番近いものを選択する処理に比べて、当該ステップ S 1 0 9 によるアルゴリズムを簡素化することができる。

【 0 0 6 0 】

ステップ S 1 1 1 では、ステップ S 1 0 9 により選択された演算モータ電気角 $\theta_{Me}(\text{near})$ が、本当に適正なものであるか否かの判断する処理が行われる。即ち、演算モータ電気角 $\theta_{Me}(\text{near})$ は、モータレゾルバ 4 4 により検出された実モータ電気角 θ_{Me} に最も近いものとしてステップ S 1 0 9 により選択されたものであるが、この演算モータ電気角 $\theta_{Me}(\text{near})$ と実モータ電気角 θ_{Me} との差が所定の閾値 (例えば 1 0 度) 以上である場合には、ピニオン軸 2 3、ラック軸 2 4 あるいはボールねじ機構 5 0 等を構成する機械部品に寸法精度上あるいは摩耗等による

寸法誤差や、レゾルバ信号を処理するオペアンプ等の半導体電気部品等の温度特性上の誤差が許容値を超えて生じている蓋然性が高いので、このような場合には、異常が生じている旨を通知すべく一連の本絶対位置検出処理を異常終了する（ERROR）。

【0 0 6 1】

一方、演算モータ電気角 $\theta_{Me}(\text{near})$ と実モータ電気角 θ_{Me} との差が所定の閾値未満である場合には、ピニオン軸 2 3、ラック軸 2 4 あるいはボールねじ機構 5 0 等を構成する機械部品やレゾルバ信号を処理するオペアンプ等の半導体電気部品等には、特に異常があるとは認められないので、続くステップ S 1 1 3 に処理を移行して絶対操舵角 θ_{Am} を算出する処理が行われる。

【0 0 6 2】

即ち、ステップ S 1 1 3 では、ステップ S 1 0 9 により選択された演算モータ電気角 $\theta_{Me}(\text{near})$ の A（本実施形態の場合は A は、0、1、-1、-2 のいずれか）を次式(4) に代入し、ステップ S 1 0 3 により算出されたステアリングホイール 2 1 の機械角 θ_{Tm} に基づいて演算処理を行うことにより、絶対操舵角 θ_{Am} が算出される。これによりステアリングホイール 2 1 の絶対位置が検出されたことになるので、一連の本絶対位置検出処理を正常終了する。

【0 0 6 3】

$$\theta_{Am} = \theta_{Tm} + 360 \times A \quad \dots (4)$$

【0 0 6 4】

なお、定期的(例えば 5 ミリ秒ごと)に、第 1 レゾルバ 3 5 と第 2 レゾルバ 3 7 とから得られる機械角 θ_{Tm} を監視することにより、このようにして求められた A を更新することができるので、この絶対位置検出処理が実行された以降は、上式(4) に基づいて絶対操舵角 θ_{Am} を算出することができる。

【0 0 6 5】

即ち、A の更新は次式(4)'、(4)'' に基づいてに行われる。

まずステアリングホイール 2 1 の現在の機械角 θ_{Tm} から前回の機械角 θ_{Tm-old} を減算した角度が 1 8 0 度を超えているか否か、つまり次式(4)' を満たすか否かを判断し、式(4)' を満たす場合には、ステアリングホイール 2 1 が左切りで 1 回

転を超えたことになるので、A をデクリメントして ($A = A - 1$)、現在の機械角 θT_m を前回の機械角 θT_{m-old} として記憶する。

【 0 0 6 6 】

一方、次式 (4)' を満たさない場合には、現在の機械角 θT_m から前回の機械角 θT_{m-old} を減算した角度が -180 度未満であるか否か、つまり次式 (4)'' を満たすか否かを判断し、式 (4)'' を満たす場合には、ステアリングホイール 2 1 が右切りで 1 回転を超えたことになるので、A をインクリメントし ($A = A + 1$)、現在の機械角 θT_m を前回の機械角 θT_{m-old} として記憶する。また両式 (4)'、(4)'' のいずれも満たさない場合には、左右 1 回転の範囲内で、ステアリングホイール 2 1 が回転していることになるので、A および前回の機械角 θT_{m-old} を更新する必要はなく、現在の A および機械角 θT_{m-old} を保持する。

【 0 0 6 7 】

$$\theta T_m - \theta T_{m-old} > 180 [\text{deg}] \quad \dots (4)'$$

$$\theta T_m - \theta T_{m-old} < -180 [\text{deg}] \quad \dots (4)''$$

【 0 0 6 8 】

このようなアルゴリズムにより、A を適宜、更新することができるので、上述の絶対位置検出処理が実行された以降は、上式 (4) に基づいて絶対操舵角 θA_m を算出することができる。

【 0 0 6 9 】

ここで、ステップ S 1 0 5 より演算処理される前掲の式 (3) の演算値 r が、少なくとも小数点以下の数値を有する非整数となる値であることを必要条件としている理由について説明する。

【 0 0 7 0 】

本願出願人は、特願 2 0 0 2 - 1 9 6 1 3 1 号の出願明細書において、トルクセンサ 3 0 による操舵角度を θt (前記機械角 θT_m のこと)、モータ回転角による電気角 θm (前記実モータ電気角 θM_e のこと) として、トルクセンサによるステアリングホイール 2 1 の絶対位置 $P t$ を次式 (5) により、またモータ回転角によるステアリングホイール 2 1 の絶対位置 $P m$ を次式 (6) により、表している。なお、演算値 r は、ボールねじ機構 5 0 の減速ギヤ比とモータレゾルバ 4 4 の対

極数との積である。

【 0 0 7 1 】

$$P_t = \theta_t + 360 \cdot A \quad \dots (5)$$

$$P_m = (\theta_m + 360 \cdot B) / r \quad \dots (6)$$

【 0 0 7 2 】

ここで、式(5)において、Aは整数で-2、-1、0、1をとり、また式(6)においてBは、理論的にはステアリングホイール21とモータ40とを連結する機械系のガタツキによる誤差や、トルクセンサ30の第1レゾルバ35、第2レゾルバ37あるいはモータ40のモータレゾルバ44に電気角絶対精度誤差等がない場合には、整数値になり-126～125の値をとる。

【 0 0 7 3 】

ここで、上式(5) および式(6) はいずれもステアリングホイール21の絶対位置を表し、両式は等しいので、次式(7) が成り立ち、式(8) が導かれる。

【 0 0 7 4 】

$$\theta_t + 360 \cdot A = (\theta_m + 360 \cdot B) / r \quad \dots (7)$$

$$B = (r \cdot (\theta_t + 360 \cdot A) - \theta_m) / 360 \quad \dots (8)$$

【 0 0 7 5 】

なお、上式(5)～式(8)において、本願出願人による前記出願明細書では、演算値rを57.4に置き換えて表現している。これは、ステアリングホイール21が1回転する間におけるラック軸24の移動距離をSmmとした場合、ラック軸24およびモータ軸43におけるボールねじ機構50の1回転分のリードをLとすると、ラック軸24がSmm移動する間に、モータ軸43は(S/L)回転することになるので、それをボールねじ機構50の減速ギヤ比として8.2に設定し、またモータレゾルバ44からの検出信号 θ_m の周期Tm1をその対極数である7周期に設定することにより、ステアリングホイール21（ピニオン軸23）の1回転に対するモータレゾルバ44からの検出信号 θ_m の周期Tm2、つまりボールねじ機構50の減速ギヤ比とモータレゾルバ44の対極数との積が、57.4（＝Tm1×(S/L)＝7×8.2）になるためである。

【 0 0 7 6 】

ここで、前述したように、 B は、理論的には整数をとる値であるが、実際にはステアリングホイール 2 1 とモータ 4 0 とを連結する機械系のガタツキによる誤差や、トルクセンサ 3 0 の第 1 レゾルバ 3 5、第 2 レゾルバ 3 7 あるいはモータ 4 0 のモータレゾルバ 4 4 に電気角絶対精度誤差、等がある。そのため、現実的には、 B は、小数点以下の値を含む一方で、上式(8)からは A の値(-2 、 -1 、 0 、 1)により 4 種類の値が B として得られることから、ステアリングホイール 2 1 の絶対位置として適正な値(真値)を 1 つ選択する際に、他の 3 値(偽値)との間で混同を生じる場合がある。

【0 0 7 7】

つまり、特願 2 0 0 2 - 1 9 6 1 3 1 号の出願明細書においては、全ての B の値のうち整数値に一番近い B を選択するように処理していることから、前述のような機械系のガタツキによる誤差等がある場合には、適正な値(真値)を 1 つ選択する際に、誤って他の 3 値(偽値)のいずれかを選択するおそれのあることが、本願発明者による調査・研究により判明した。

【0 0 7 8】

例えば、図 8 は、ステアリングホイール 2 1 の回転量($A = -2$ 、 -1 、 0 、 1)に対するステアリングホイール 2 1 の機械角 θ_{Tm} (細線)、モータレゾルバ 4 4 による実モータ電気角 θ_{Me} (太線)の変化を示した特性図であり、図 8 (A) は演算値 $r = 3.75$ に設定した場合のもの、図 8 (B) は演算値 $r = 3.05$ に設定した場合のもの、図 8 (C) は演算値 $r = 4.00$ に設定した場合のものである。なお、演算値 r は、ボールねじ機構 5 0 の減速ギヤ比とモータレゾルバ 4 4 の対極数との積である。

【0 0 7 9】

この図 8 (A) に示すように、演算値 r の小数点以下の数値を 0.75 (例えば $r = 3.75$) に設定したものでは、例えば、ステアリングホイール 2 1 の中立位置にあたる γ_a が真値であったときには、偽値である他の 3 値 α_a 、 β_a 、 δ_a はそれぞれ真値 γ_a とは、 90 度異なる値をとっている。つまり、図 8 (A) は、たとえ機械系のガタツキによる誤差等があっても、隣接する値とは 90 度の余裕があるので、真値 γ_a と偽値 α_a 、 β_a 、 δ_a との間では混同を生ずる可能

性が低いことを示している。

【0080】

また、図8(B)に示すように、演算値 r の小数点以下の数値を 0.05 (例えば $r = 3.05$) に設定したものでは、ステアリングホイール 21 の中立位置にあたる γb が真値であったとき、偽値 αb 、 βb 、 δb である他の 3 値と真値 γb とは約 10 度の差しかない。つまり、図8(B)は、隣接する値とは余裕度が約 10 度しかないため、機械系のガタツキによる誤差等の大きさによっては、真値 γb と偽値 αb 、 βb 、 δb との間で混同を生ずる可能性のあることを示している。

【0081】

一方、図8(C)に示すように、演算値 r の小数点以下の数値を 0 (ゼロ) (例えば $r = 4.00$) に設定したものでは、ステアリングホイール 21 の中立位置にあたる γc が真値であっても、他の偽値 αc 、 βc 、 δc も同様の値をとっているため (余裕度ゼロ)、真値 γc と偽値 αc 、 βc 、 δc とを判別することができない。つまり、図8(C)は、他の偽値 αc 、 βc 、 δc から真値 γc を、特定することができないことを示している。

【0082】

このように図8からは、前述のステップ S109 においては、複数の演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ から偽値と混同することなく真値を選択するにあたって、ボールねじ機構 50 の減速ギヤ比とモータレゾルバ 44 の対極数との積である r の値が大きな影響を与えていることがわかり、特に演算値 r の値が整数である場合には、真値を特定することができないことがわかる。これが、前述したように、ステップ S105 より演算処理される前掲の式(3)の演算値 r が、少なくとも小数点以下の数値を有する非整数となる値であることを必要条件とする根拠である。

【0083】

次に、このような余裕度が、電気式動力舵取装置 20 を構成する機械系のガタツキによる誤差等により受け得る影響を図8および図9に基づいて説明する。なお、図9は、演算値 r の小数点以下の数値に対する真値検出余裕度の変化を示す特性図であり、この特性図の根拠は後述する。

【0084】

なお、この真値検出余裕度とは、前述したように求められた演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ の 4 種類中 ($A = -2, -1, 0, 1$) のうちの、真値と当該真値に最も近い偽値との差を絶対値 ($0 \text{ 度} \leq \text{最小偏差} < 180 \text{ 度}$) として表したものをいう。例えば図 8 (B) の例では、真値 (γb) とこの真値 (γb) に最も近い偽値 (δb) との差 (例えば 20 度) である。また、この真値検出余裕度は、特許請求の範囲に記載の「モータ電気角の角度偏差」に相当するものである。

【0085】

例えば、本実施形態では、機械系のガタツキによる誤差が $\pm 0.24 \text{ 度}$ であり、さらにトルクセンサ 30 の検出精度 $\pm 0.16 \text{ 度}$ であると仮定すると、前述したように、電気角 θ_{T1} 、 θ_{T2} から算出されるステアリングホイール 21 の機械角 θ_{Tm} の誤差は両者の和により 0.4 度 になる。

【0086】

ここで、モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ は前掲の式 (3) により求められるので、例えば $A = 0$ 、 $\theta_{Tm} = 0$ 、 $r = 60.76$ のときの演算モータ電気角 $\theta_{Me}(0)$ は、 θ_{Tm} の誤差である 0.4 を含めて $\theta_{Tm} = (0 + 0.4)$ を式 (3) に代入して算出すると、 $((0 + 0.4) + 360 \times 0) \times 60.76 = 24.3 \text{ (度)}$ になる。つまり、誤差分の 0.4 が r 倍 (ここでは 60.76 倍) されて演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ として現れる。そして、このような誤差は、真値とそれに隣接する偽値との双方に生じ得ることを見込んで算出すると、これを 2 倍する必要があるから、 24.3 度 の 2 倍である 48.6 度 になる。

【0087】

したがって、図 8 (A) を参照して説明したように、真値が、隣接する値と 90 度 の余裕度を持っていたとしても、機械系のガタツキによる誤差等により演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ に略 50 度 ($\approx 48.6 \text{ 度}$) の誤差が生じ得ることから、余裕度は最大でも 40 度 ($= 90 - 50$) に抑えられてしまうことになる。そして、このような誤差範囲を図 9 に表すと、真値検出余裕度 50.0 (deg) に一点鎖線を引くことにより当該誤差範囲の境界を明示することができる。

【0088】

また、図7を参照して説明したように、本実施形態では、絶対位置検出処理のステップS111により、演算モータ電気角 $\theta_{Me}(\text{near})$ と実モータ電気角 θ_{Me} との差が所定の閾値（例えば10度）以上であるか否かを判断し、当該所定の閾値以上である場合には、当該処理を異常終了する（ERROR）。そのため、当該所定の閾値（例えば10度）を誤差範囲の境界（50度）に加えた値である60度（＝50＋10）を、演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ の角度偏差の下限值としてすることができる（図9に示す真値検出余裕度60.0(deg)の破線）。

【0089】

即ち、図9に示すように、真値検出余裕度が、60.0度以上90.0度以下の範囲（図9に示す斜線範囲）にあるように、演算値 r の小数点以下の数値に設定すれば、電気式動力舵取装置20を構成する機械系のガタツキによる誤差等が存在しても、前述のステップS109において、複数の演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ から偽値と混同することなく真値を選択できることになる。

【0090】

具体的には、真値検出余裕度60.0度は、折線Kの最大値である90度の67%（＝60／90）であることから、真値検出余裕度が60.0度以上90.0度以下とは、演算値 r の小数点以下の数値に対する真値検出余裕度の変化を示す折線Kの最大値の67%以上100%以下ということになる。また、この範囲における演算値 r の小数点以下の数値は、図9から、「0.17以上0.28以下」、「0.39以上0.42以下」、「0.58以上0.61以下」および「0.72以上0.83以下」であるから、このような演算値 r が設定されている場合には、前述のステップS109において、複数の演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ から偽値と混同することなく真値を選択できる。

【0091】

なお、当該誤差範囲の上限である100%の90度については、図8(A)からわかるように、 $A = -2, -1, 0, 1$ というようにステアリングホイール21が4回転するため、360度をこの値4で除した90（＝360／4）度が、角度的に真値（ γ_a ）の両側に位置する偽値同士（ β_a, δ_a ）の中間にあたり、最も余裕度が高いことから、このように設定されている。

【0092】

次に、図9に示す、演算値 r の小数点以下の数値に対する真値検出余裕度の変化を示す特性図（折線K）の根拠について、図10および図11を参照して説明する。図10(A)には、演算値 r の小数点以下の数値に対する演算モータ電気角 $\theta_{Me}(-2)$ との偏差の変化を示す特性が図示されている。

【0093】

図8(C)を参照して説明したように、演算値 r の小数点以下の数値が0（ゼロ）である場合には、4種類のステアリングホイール21の回転量（ $A = -2$ 、 -1 、 0 、 1 ）のどこに対しても、演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ が同じ値をとるため、真値と偽値とを判別することができない。つまり、図10(A)においては、演算値 r の小数点以下の数値が0（ゼロ）である場合には、 $A = -2$ の破線に対する偏差は0になるため、 $A = -1$ の実線、 $A = 0$ の点線、 $A = 1$ の一点鎖線のいずれも0（ゼロ）の値をとっている。

【0094】

これに対し、小数点以下の数値を徐々に増加させていくと、 $A = -1$ の実線、 $A = 0$ の点線、 $A = 1$ の一点鎖線のいずれも $A = -2$ の破線に対する偏差が増加する。このとき、 $A = -1$ の実線、 $A = 0$ の点線、 $A = 1$ の一点鎖線の順番に正の傾き量が大きくなっているのは、前掲の式(3)からわかるように、 A と 360 との積にさらに演算値 r をかけているためである。これにより、 $A = -2$ の破線を基準にすると、 $A = -1$ の実線は0度から360度まで変化し、また $A = 0$ の点線は $A = -1$ の実線の2倍にあたる0度から720度まで変化する。そして、 $A = 1$ の一点鎖線は $A = -1$ の実線の3倍にあたる0度から1080度まで変化することが図10(A)よりわかる。

【0095】

このように $A = -2$ の破線を基準に、演算値 r の小数点以下の数値を0から1まで変化させて演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ の偏差を $A = -1$ の場合、 $A = 0$ の場合、 $A = 1$ の場合、をそれぞれ求めると、これらの間に図10(A)に示すような関係にあることがわかるが、この偏差を180度で折り返して表すことにより、図10(B)に示すような山形状の特性図を得ることができる。なお、図10(B)

においては $A = -2$ の破線は省略してある。

【0 0 9 6】

即ち、 $A = -1$ の実線は、図 1 0 (A) では 0 度から 3 6 0 度まで直線的に増加していたが、図 1 0 (B) においては 1 8 0 度で折り返すので、演算値 r の小数点以下の数値が 0. 5 に達すると折り返して負の傾きで直線的に減少し、二等辺三角形形状の折線（実線）を形成する。

【0 0 9 7】

また、 $A = 0$ の点線は、図 1 0 (A) では 0 度から 7 2 0 度まで直線的に増加していたが、図 1 0 (B) においては 1 8 0 度と 0 度とでそれぞれ折り返すので、演算値 r の小数点以下の数値が 0. 2 5、0. 5、0. 7 5 に達するところで折り返し増加・減少を 2 回繰り返して、2 つの二等辺三角形形状からなる折線（点線）を形成する。

【0 0 9 8】

さらに、 $A = 1$ の一点鎖線は、図 1 0 (A) では 0 度から 1 0 8 0 度まで直線的に増加していたが、図 1 0 (B) においては 1 8 0 度と 0 度とでそれぞれ折り返すので、演算値 r の小数点以下の数値が 0. 1 6 7、0. 3 3 3、0. 5、0. 6 6 7、0. 8 3 3 に達するところで折り返し増加・減少を 3 回繰り返して、3 つの二等辺三角形形状からなる折線（一点鎖線）を形成する。

【0 0 9 9】

このように表された各折線は、 $A = -2$ の場合の演算モータ電気角 $\theta_{Me}(-2)$ を真値とした場合、 $A = -2$ の破線に対する偏差が 0（ゼロ）に近づくほど真値である演算モータ電気角 $\theta_{Me}(-2)$ と他の偽値である演算モータ電気角 $\theta_{Me}(-1)$ 、 $\theta_{Me}(0)$ 、 $\theta_{Me}(1)$ との間で混同を生じやすいことを表しているの、真値である $\theta_{Me}(-2)$ に最も近い偽値を各折線の中から選択すると、折線 K（図 1 0 (B) 中で太い一点鎖線）を生成することができる。つまり、この折線 K が、図 9 に示して説明した、演算値 r の小数点以下の数値に対する真値検出余裕度の変化を示す特性（折線 K）である。

【0 1 0 0】

なお、図 1 0 では、 $A = -2$ の破線を基準に、演算値 r の小数点以下の数値を

0 から 1 まで変化させて演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ の偏差を、 $A = -1$ 、0、1 のそれぞれ場合について求めたが、 $A = -1$ の破線を基準に、演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ の偏差を、 $A = -2$ 、0、1 のそれぞれ場合について求めると、図 1 1 (A) に示すように表される。また、この図 1 1 (A) に表される各偏差を 180 度で折り返して表すことにより、図 1 1 (B) に示すような山形状の特性図を得ることができ、 $A = -1$ の場合の演算モータ電気角 $\theta_{Me}(-1)$ を真値とした場合に、真値である演算モータ電気角 $\theta_{Me}(-1)$ に最も近い偽値を各折線の中から選択すると、折線 L (図 1 1 (B) 中で太い一点鎖線) を生成することができる。なお、図 1 1 (B) においては $A = -1$ の実線は省略した。

【0 1 0 1】

また、 $A = 0$ の破線を基準に、演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ の偏差を、 $A = -2$ 、 -1 、1 のそれぞれの場合について求めると、 $A = -1$ 、1 の場合は $A = 0$ から同じだけずれ、 $A = -2$ の場合はそこからさらにずれることから、図 1 1 (A) および図 1 1 (B) に示す $A = -1$ の破線を基準にした場合と同様に表される。

【0 1 0 2】

さらに、 $A = 1$ の破線を基準に、演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ の偏差を、 $A = -2$ 、 -1 、0 のそれぞれの場合について求めると、 $A = 0$ の場合、 $A = -1$ の場合、 $A = -2$ の場合の順に、それぞれ順番にずれていくことから、図 1 0 (A) および図 1 0 (B) に示す $A = -2$ の破線を基準にした場合と同様に表される。

【0 1 0 3】

またなお、図 1 0 (B) による特性図と図 1 1 (B) による特性図とを比較してみると、図 1 0 (B) に示す $A = -1$ による演算値 $r = 0.5$ を頂点（最大値）とする二等辺三角形形状の特性と、図 1 1 (B) に示す $A = 0$ 、 -2 による演算値 $r = 0.5$ を頂点（最大値）とする二等辺三角形形状の特性とは、両者同一特性であり、また図 1 0 (B) に示す $A = 0$ による演算値 $r = 0.25$ および $A = 0$ による演算値 $r = 0.75$ を頂点（最大値）とする 2 つの二等辺三角形形状の特性と、図 1 1 (B) に示す $A = 1$ による演算値 $r = 0.25$ および $A = 0$ による演算値 $r = 0.75$ を頂点（最大値）とする 2 つの二等辺三角形形状の特性とは、両者同一特性で

あることがわかる。

【0104】

これにより、 $A = -1$ の破線を基準に演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ の偏差を $A = -2$ 、 0 、 1 のそれぞれ場合について求めたときに得られる折線 L （図11(B)）や、 $A = 0$ の破線を基準に演算モータ電気角 $\theta_{Me}(A)$ の偏差を $A = -2$ 、 -1 、 1 のそれぞれ場合について求めたときに得られる折線（図11(B)に示す折線 L に同じ）については、その最大値（約120度）を中心とした付近の範囲（例えば60度以上120度以下）が、図9に示す折線 K による60.0度以上90.0度以下の範囲（斜線範囲）に含まれることになる。そのため、 $A = -1$ 、 0 の破線を基準にした場合についても、図9に示す折線 K による60.0度以上90.0度以下の範囲（斜線範囲）をそのまま適用することができる。

【0105】

以上説明したように本実施形態に係る電気式動力舵取装置20によると、ボールねじ機構50の減速ギヤ比とモータレゾルバ44の対極数との積による演算値 r が、小数点以下の数値を有する非整数となるように、減速ギヤ比が設定されていることから、演算値 r はその小数点以下の数値が0（ゼロ）、つまり整数になることがない。これにより、第1レゾルバ35の電気角 θ_{T1} と第2レゾルバ37の電気角 θ_{T2} とにより求められるステアリングホイール21の機械角 θ_{Tm} が、ステアリングホイール21の左右2回転の合計4回転のうち、いずれの1回転範囲単位（ $A = -2$ 、 -1 、 0 、 1 ）においても同じ値をとることがないようにできるので、ECU60のCPU61により実行される絶対位置検出処理のステップS109においてステアリングホイール21の絶対操舵角 θ_{Am} を正確に検出することができる。したがって、このように検出されたステアリングホイール21の絶対操舵角 θ_{Am} に基づいて操舵をアシストするモータ40をECU60により制御することができる。

【0106】

なお、ボールねじ機構50の減速ギヤ比とモータレゾルバ44の対極数との積による演算値 r が、小数点以下の数値を有する非整数となるように、モータレゾルバ44の対極数を設定しても、第1レゾルバ35の電気角 θ_{T1} と第2レゾルバ

37の電気角 θ_{T2} とにより求められるステアリングホイール21の機械角 θ_{Tm} が、ステアリングホイール21の左右2回転の合計4回転のうち、いずれの1回転範囲単位($A = -2, -1, 0, 1$)においても同じ値をとることがないようにできるので、ECU60のCPU61により実行される絶対位置検出処理のステップS109においてステアリングホイール21の絶対操舵角 θ_{Am} を正確に検出することができる。これにより、ボールねじ機構50の減速ギヤ比を設定した場合と同様、ステアリングホイール21の絶対操舵角 θ_{Am} に基づいて操舵をアシストするモータ40をECU60により制御することができる。

【0107】

また、本実施形態に係る電気式動力舵取装置20では、演算値 r の小数点以下の数値は所定範囲内にあり、その所定範囲は、ステアリングホイール21の左右2回転づつの合計4回転の $A = -2, -1, 0, 1$ の回転範囲ごとに異なる演算モータ電気角 $\theta_{Me}(-2)$ との偏差が当該偏差の最大値の67%以上100%以下における演算値 r の小数点以下の数値に設定される。これにより、ピニオン軸23、ラック軸24、ボールねじ機構50等を構成する機械部品の寸法精度上あるいは摩耗による誤差やレゾルバ信号を処理する電気部品の温度特性誤差によってステアリングホイール21の機械角 θ_{Tm} に検出誤差が生じても、そのような誤差により隣接した1回転範囲単位同士(例えば図10の例では、回転範囲 $A = -2$ と回転範囲 $A = -1$ との間、回転範囲 $A = -1$ と回転範囲 $A = 0$ との間および回転範囲 $A = 0$ と回転範囲 $A = 1$ との間)で同じ値をとることがないようにすることができる。したがって、このような誤差が生じ得る場合であっても、ステアリングホイール21の絶対操舵角 θ_{Am} を正確に検出することができるので、このように検出されたステアリングホイール21の絶対操舵角 θ_{Am} に基づいて操舵をアシストするモータ40をECU60により制御することができる。

【0108】

さらに、本実施形態に係る電気式動力舵取装置20、電気式動力舵取装置20の製造方法あるいは製造装置において、演算値 r の小数点以下の数値を、ステアリングホイール21の左右2回転づつの合計4回転の $A = -2, -1, 0, 1$ の回転範囲ごとに異なる演算モータ電気角 $\theta_{Me}(-2)$ との偏差が当該偏差の最大値の

6 7 % 以上 1 0 0 % 以下における演算値 r の小数点以下の数値範囲内、例えば「0. 1 7 以上 0. 2 8 以下」、「0. 3 9 以上 0. 4 2 以下」、「0. 5 8 以上 0. 6 1 以下」および「0. 7 2 以上 0. 8 3 以下」に設定すること、またはこのように設定する工程や手段を設けることにより、ピニオン軸 2 3、ラック軸 2 4、ボールねじ機構 5 0 等を構成する機械部品の寸法精度上あるいは摩耗による誤差やレゾルバ信号を処理する電気部品の温度特性誤差によってステアリングホイール 2 1 の機械角 θ_{Tm} に検出誤差が生じて、そのような誤差により隣接した 1 回転範囲単位同士（例えば図 1 0 の例では、回転範囲 $A = -2$ と回転範囲 $A = -1$ との間、回転範囲 $A = -1$ と回転範囲 $A = 0$ との間および回転範囲 $A = 0$ と回転範囲 $A = 1$ との間）で同じ値をとることがないようにすることができる。したがって、このような誤差が生じ得る場合であっても、ステアリングホイール 2 1 の絶対操舵角 θ_{Am} を正確に検出することができるので、このように検出されたステアリングホイール 2 1 の絶対操舵角 θ_{Am} に基づいて操舵をアシストするモータ 4 0 を ECU 6 0 により制御することができ、また制御可能な電気式動力舵取装置を製造することができる。

【0 1 0 9】

なお、電気式動力舵取装置 2 0 の製造方法あるいは製造装置において、演算値 r の小数点以下の数値を、例えば「0. 1 7 以上 0. 2 8 以下」、「0. 3 9 以上 0. 4 2 以下」、「0. 5 8 以上 0. 6 1 以下」および「0. 7 2 以上 0. 8 3 以下」に設定する工程や手段では、例えば、ボールねじ機構 5 0 の減速ギヤ比を以下の式(9)、(10)のように設定してもよい。

【0 1 1 0】

$$\text{減速ギヤ比} = \text{ヒストロック／リード} \quad \dots (9)$$

$$\text{減速ギヤ比} = (\text{モジュール} \times \text{ピニオン歯数} \times \pi / \cos(\text{ラックねじれ角})) / \text{リード} \quad \dots (10)$$

【0 1 1 1】

また、上述した実施形態では、ステアリングホイール 2 1 が左右 2 回転ずつの合計 4 回転する場合を例に説明したが、本発明はこれに限られることなく、ステアリングホイールが 2 回転以上するものであれば、例えば、左右 1 回転ずつの合

計 2 回転する場合や左右 3 回転ずつの合計 6 回転する場合あるいは左右 1.5 回転ずつの合計 3 回転する場合等であっても、上述したものと同様の技術的な作用および効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態に係る電気式動力舵取装置の構成を示す構成図である。

【図 2】

図 1 に示す一点鎖線 II による楕円内の拡大図である。

【図 3】

図 1 に示す一点鎖線 III による楕円内の拡大図である。

【図 4】

図 4 (A) は本実施形態の電気式動力舵取装置に用いられるレゾルバの構成を示す説明図で、図 4 (B) は同レゾルバの回路図である。

【図 5】

本実施形態の電気式動力舵取装置を制御する ECU とレゾルバとの接続構成を示すブロック図である。

【図 6】

ステアリングホイールの回転角に対する第 1 レゾルバおよび第 2 レゾルバによるレゾルバ出力信号、ステアリングホイールの機械角を示す特性図である。

【図 7】

図 5 に示す CPU により実行される絶対位置検出処理の流れを示すフローチャートである。

【図 8】

ステアリングホイールの回転量に対する、ステアリングホイールの機械角 θ_{Tm} およびモータ電気角 θ_{Me} の変化を示す特性図で、図 8 (A) は演算値 $r = 3.75$ の場合、図 8 (B) は演算値 $r = 3.05$ の場合、図 8 (C) は演算値 $r = 4.00$ の場合である。

【図 9】

演算値 r の小数点以下の数値に対する真値検出余裕度の変化を示す特性図（折

線 K) である。

【図 10】

図 10 (A) は演算値 r の小数点以下の数値に対する演算モータ電気角 $\theta_{Me}(-2)$ との偏差の変化を示す特性図で、図 10 (B) は図 10 (A) を 180 度のところで折り返して表した特性図 (折線 K) である。

【図 11】

図 11 (A) は演算値 r の小数点以下の数値に対する演算モータ電気角 $\theta_{Me}(-1)$ との偏差の変化を示す特性図で、図 11 (B) は図 11 (A) を 180 度のところで折り返して表した特性図 (折線 L) である。

【符号の説明】

20	電気式動力舵取装置	
21	ステアリングホイール	
22	ステアリング軸	
23	ピニオン軸	
23c	ピニオンギヤ	
24	ラック軸	
24a	ラック溝	
30	トルクセンサ	
35	第1レゾルバ	
37	第2レゾルバ	
40	モータ	
44	モータレゾルバ	(第3レゾルバ)
50	ボールねじ機構	(減速機)
60	ECU	
61	CPU	
$\theta T1$	第1レゾルバの電気角	(第1操舵角)
$\theta T2$	第2レゾルバの電気角	(第2操舵角)
θMe	実モータ電気角	(モータ電気角)
θTm	ステアリングホイールの機械角	

θ Me(A) 演算モータ電気角

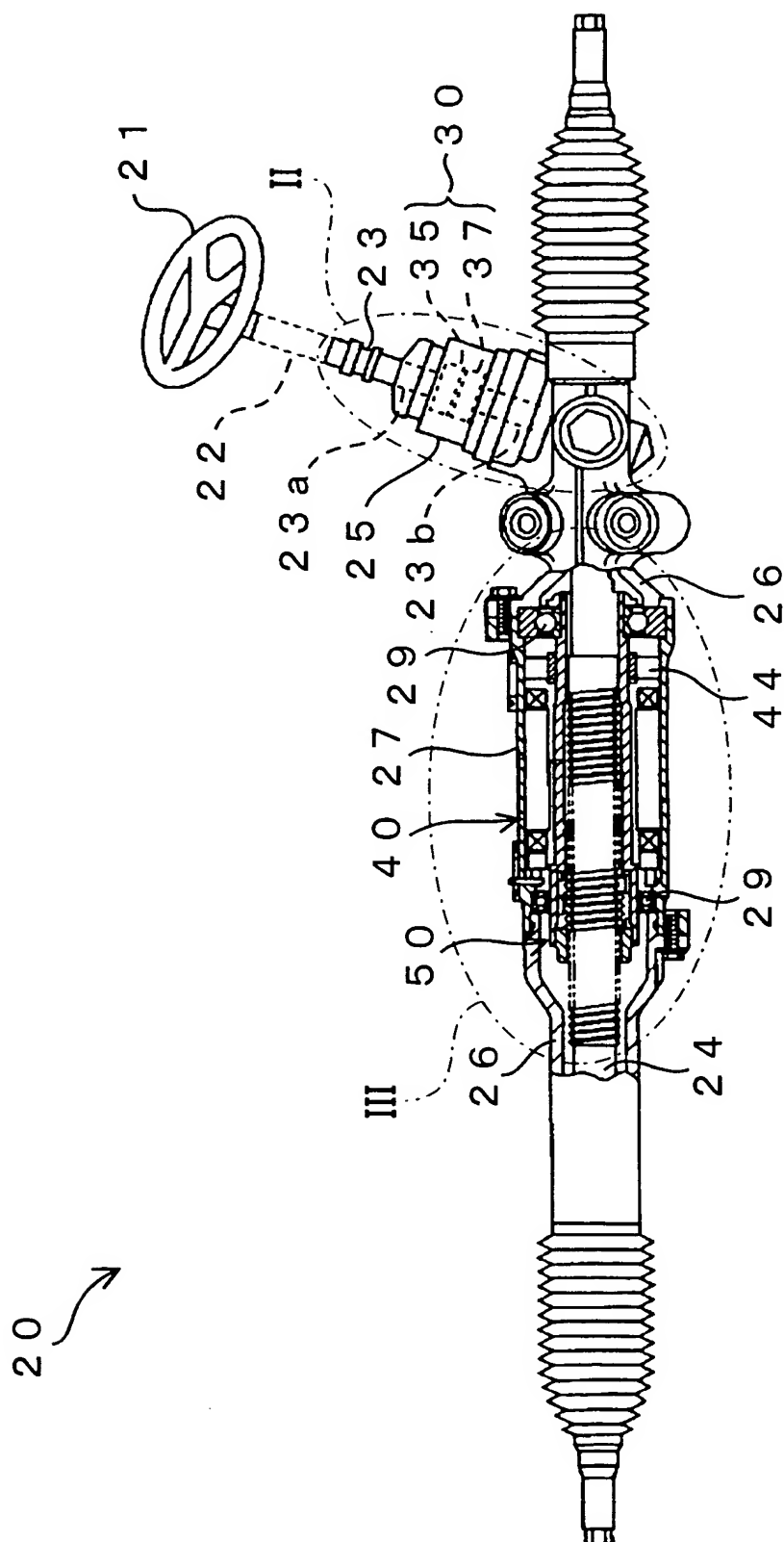
θ Am 絶対操舵角 (絶対回転位置)

r 演算値

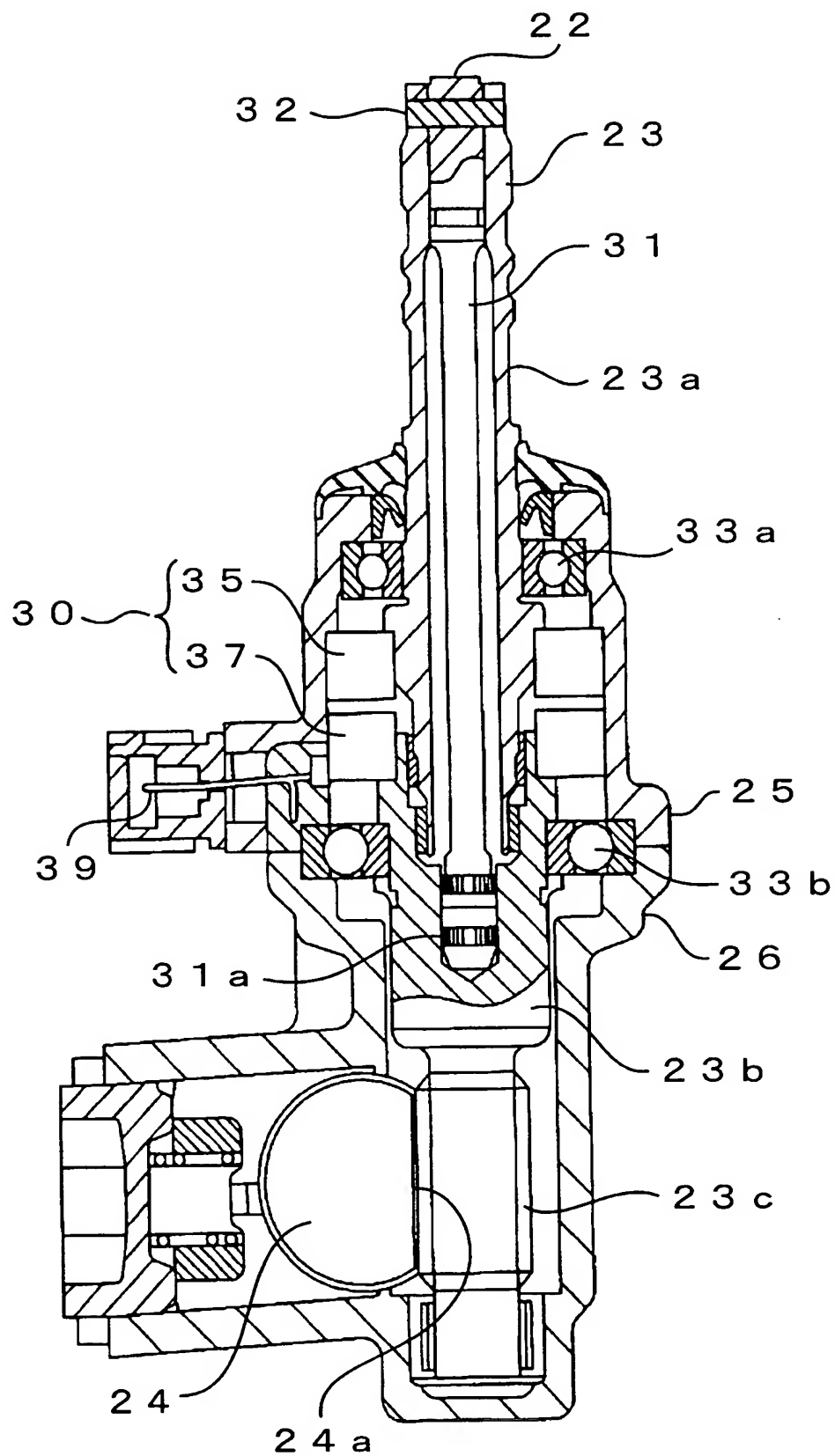
K、L 折線

【書類名】 図面

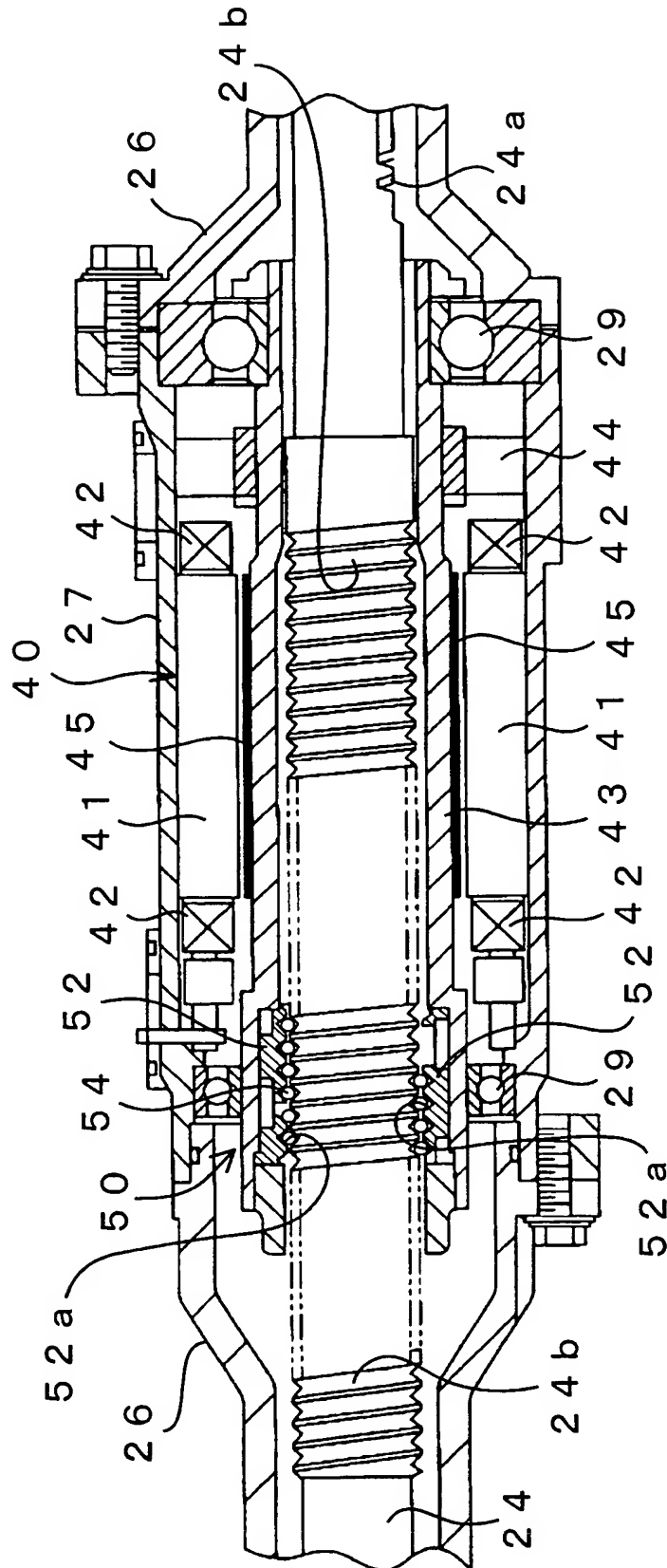
【図 1】



【図 2】

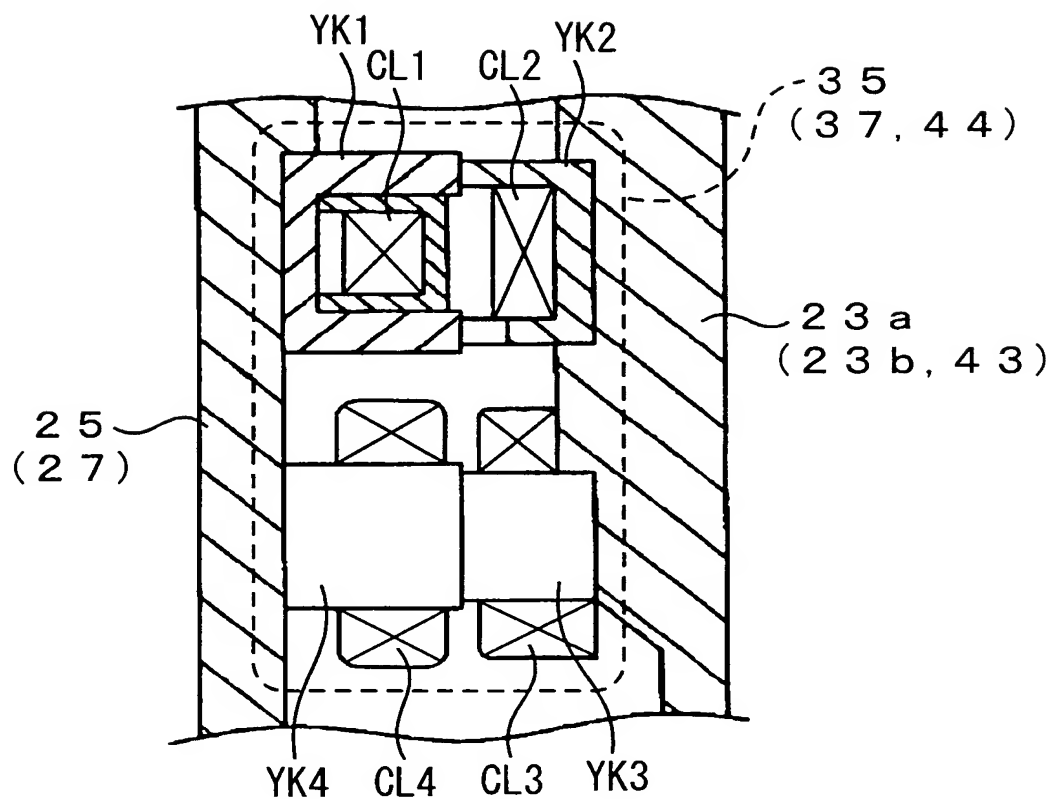


【図 3】

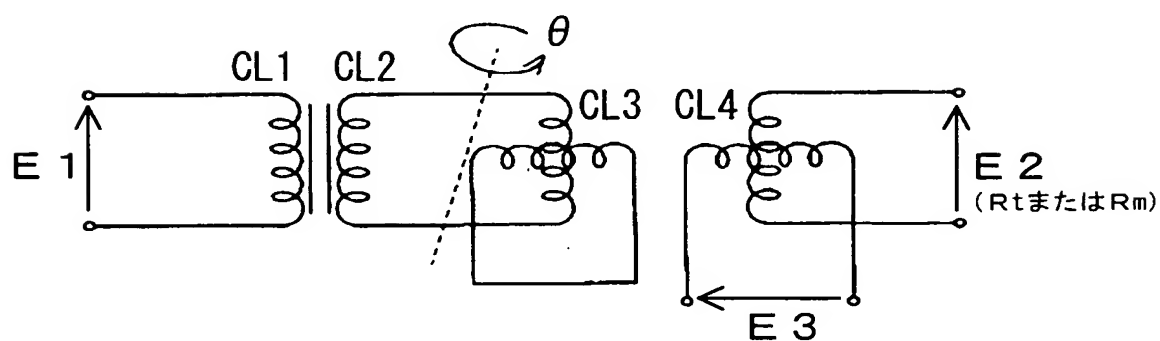


【図 4】

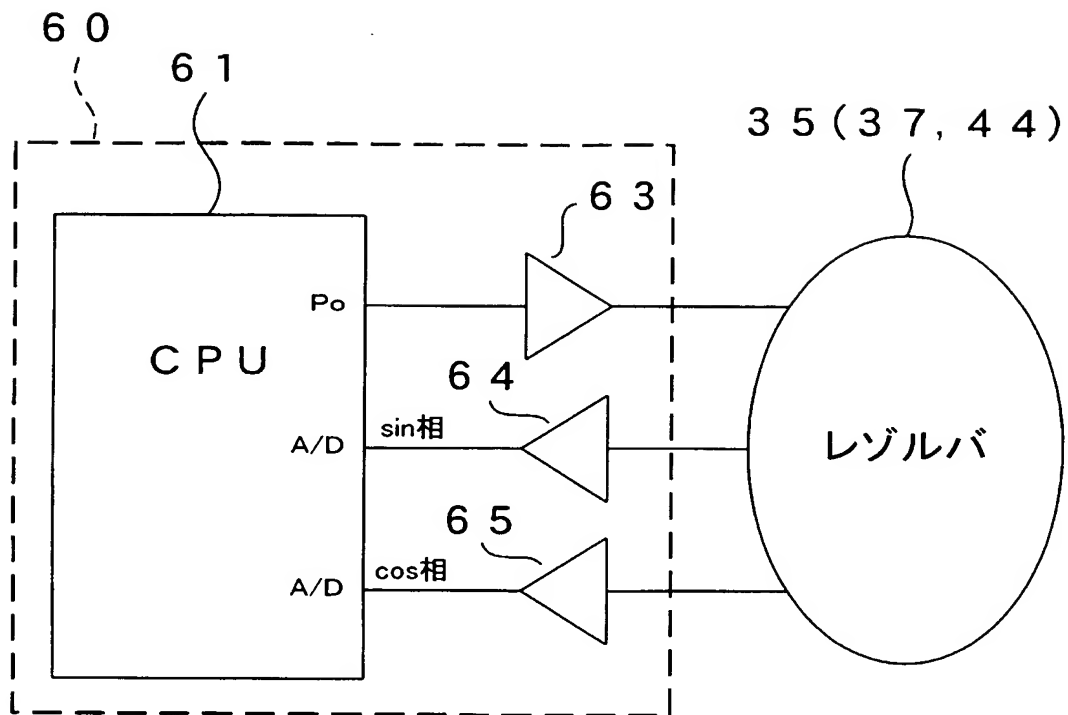
(A)



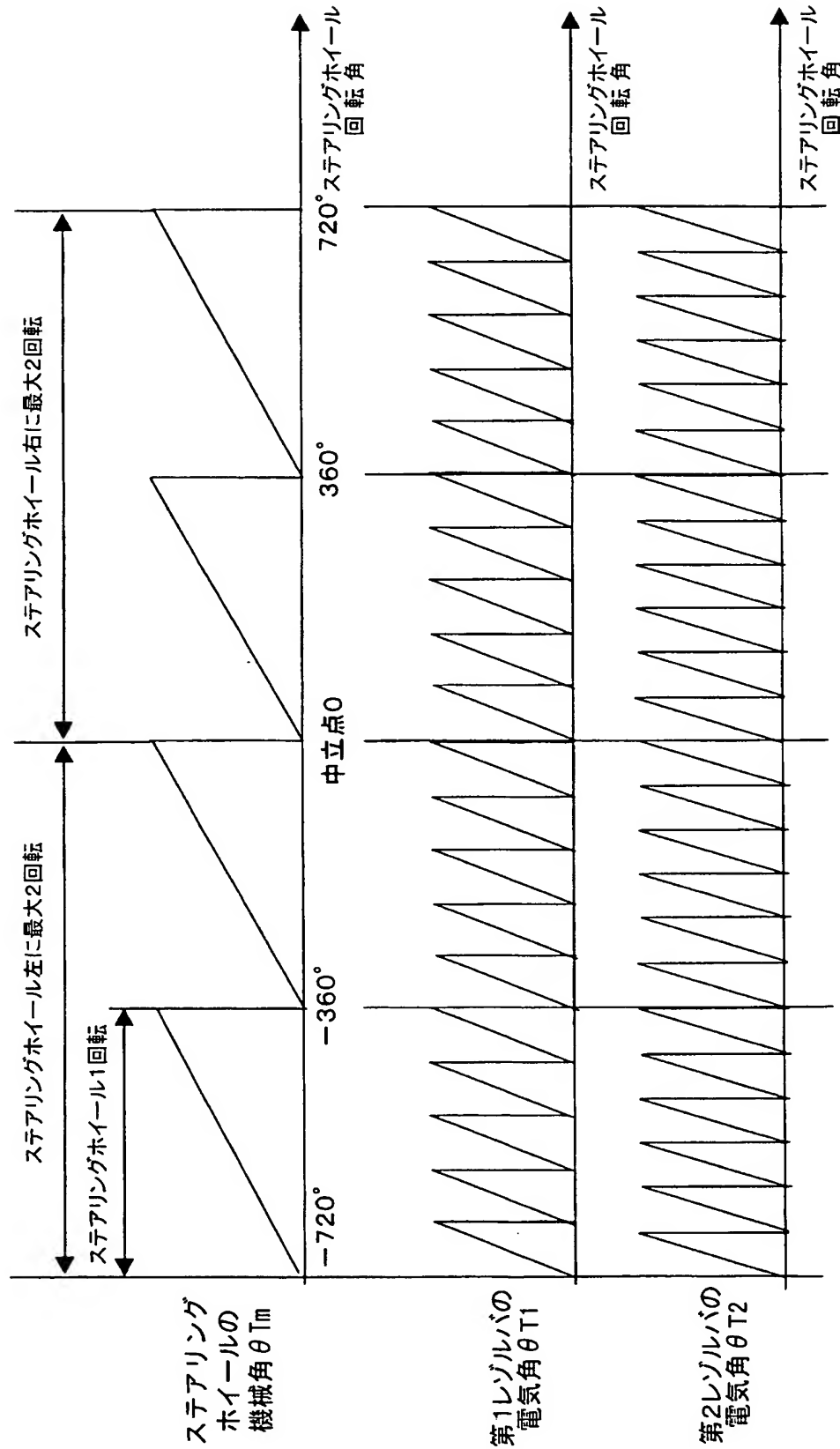
(B)



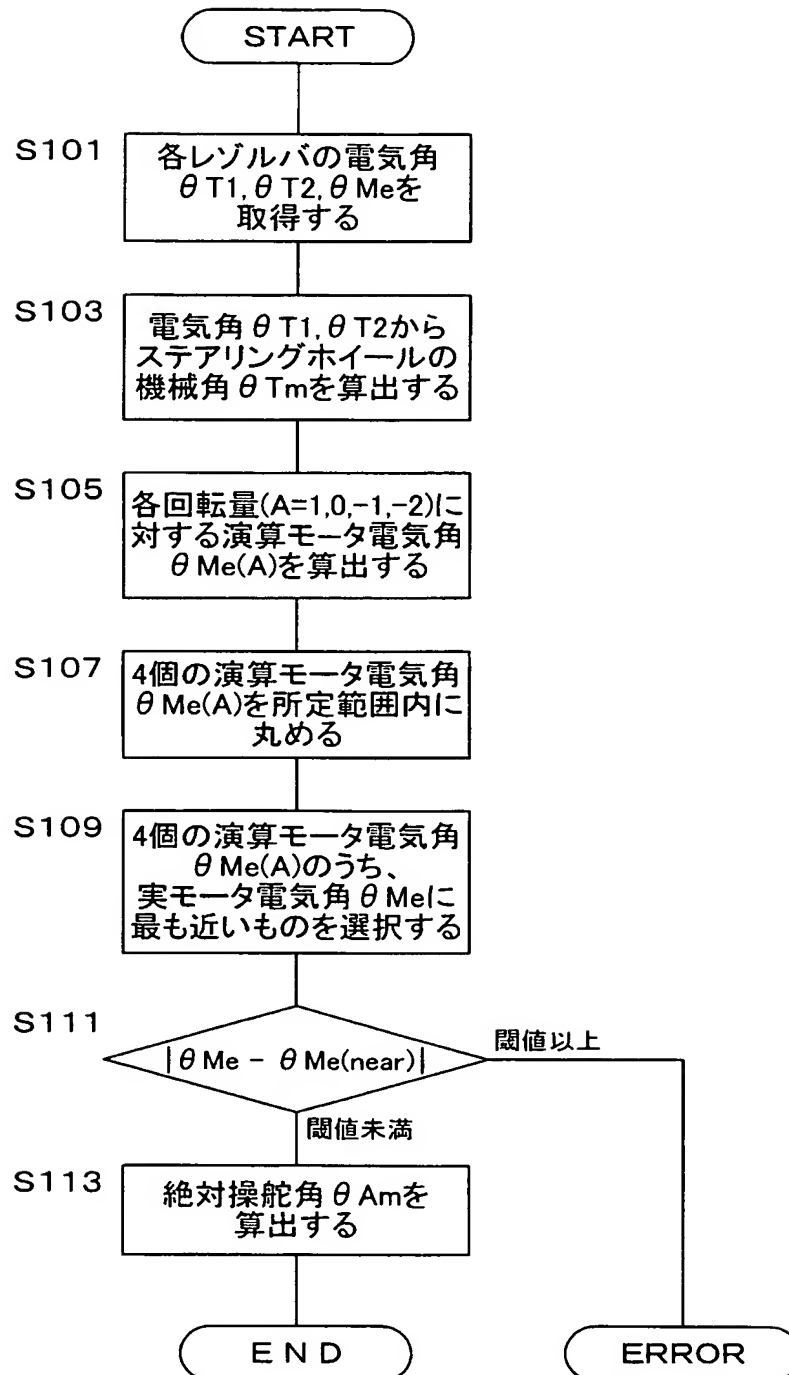
【図 5】



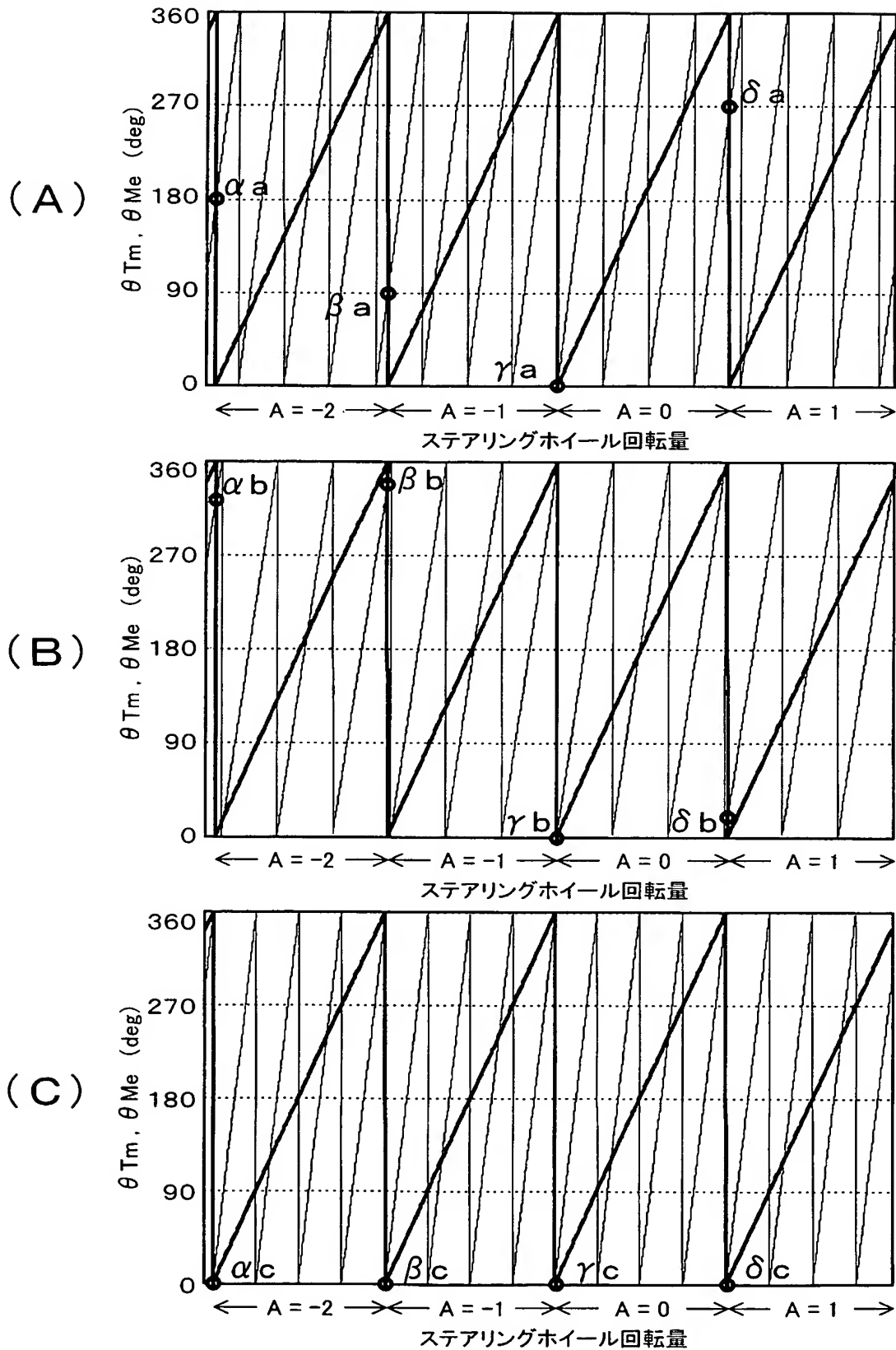
【図 6】



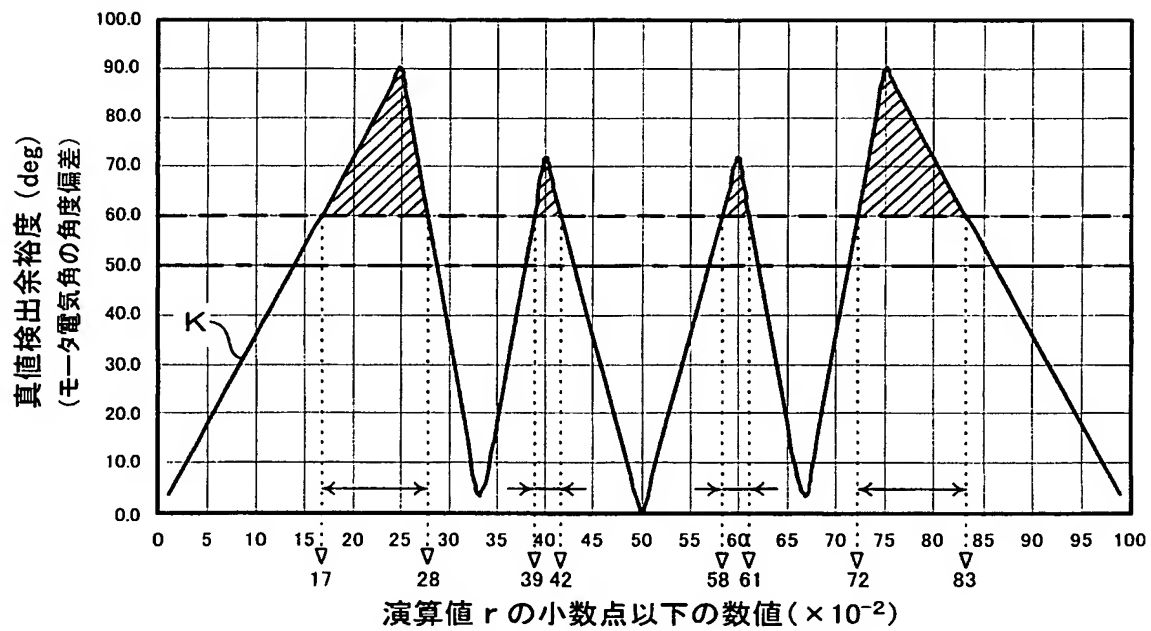
【図 7】



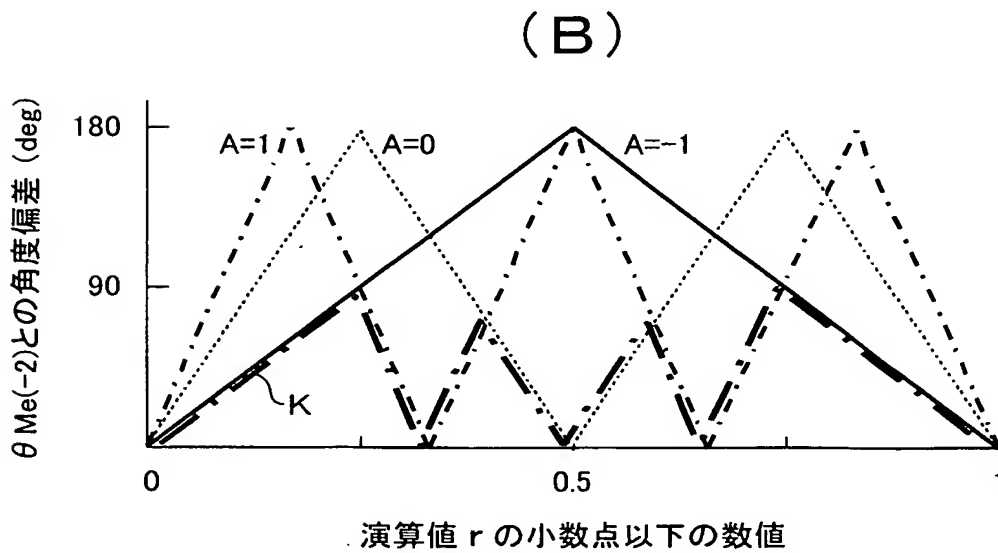
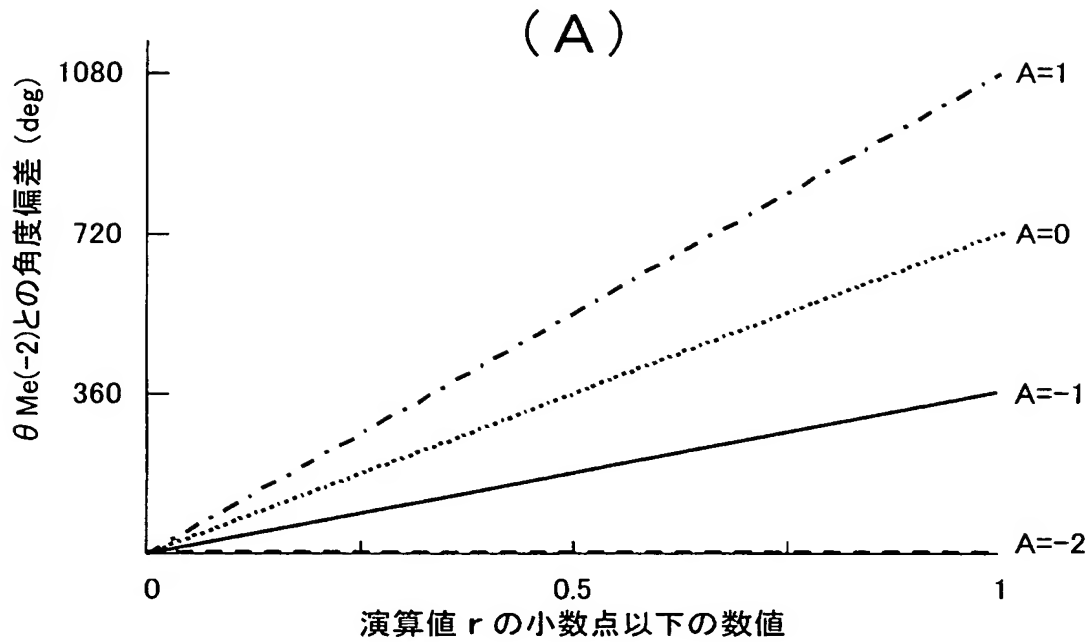
【図 8】



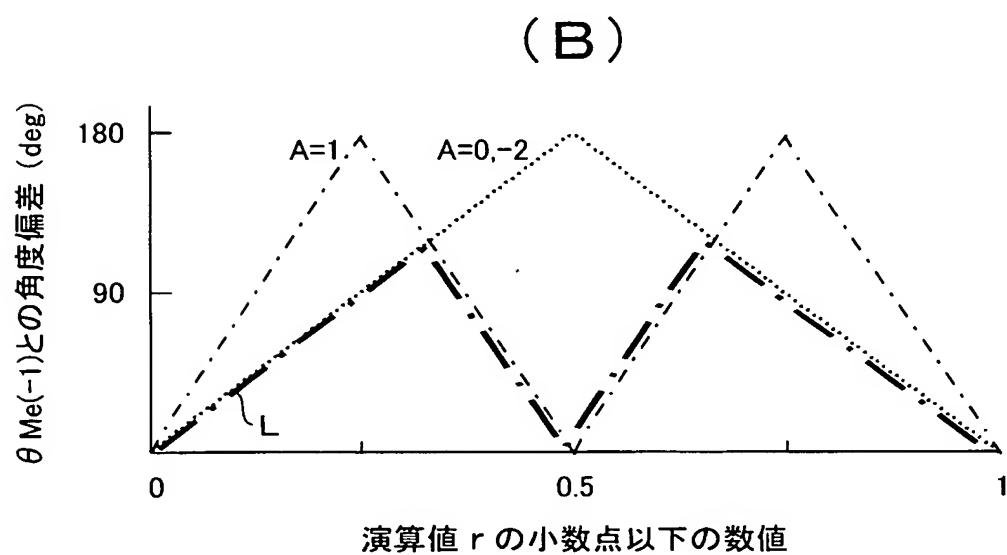
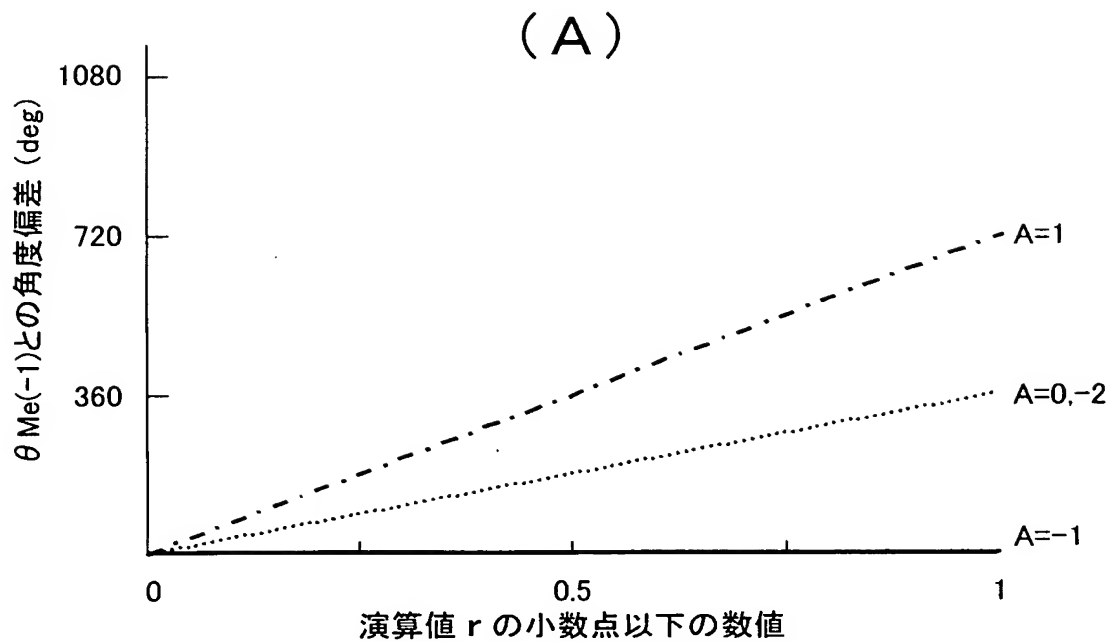
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 誤差要因があっても、ステアリングホイールの絶対回転位置を正確に検出し、当該絶対回転位置に基づいて操舵をアシストするモータを制御し得る電気式動力舵取装置を提供する。

【解決手段】 本実施形態の電気式動力舵取装置 2 0 では、ボールねじ機構 5 0 の減速ギヤ比とモータレゾルバ 4 4 の対極数との積による演算値 r が、小数点以下の数値を有する非整数となるように、減速ギヤ比が設定されていることから、演算値 r はその小数点以下の数値が整数になることがない。これにより、第 1 レゾルバ 3 5 の電気角 θ_{T1} と第 2 レゾルバ 3 7 の電気角 θ_{T2} とにより求められるステアリングホイール 2 1 の機械角 θ_{Tm} が、ステアリングホイール 2 1 の左右 2 回転の合計 4 回転のうち、いずれの 1 回転範囲単位 ($A = -2, -1, 0, 1$) においても同じ値をとることがないようにできる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 0 9 2 5 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 4 7 0]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県刈谷市朝日町 1 丁目 1 番地

氏 名

豊田工機株式会社